



**Уральский
федеральный
университет**
имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Институт математических проблем биологии РАН – филиал Федерального
государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша
Российской академии наук»

Институт экологии растений и животных УрО РАН

Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области

Русское ботаническое общество

при поддержке

Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)

Глобальной информационной системы о биоразнообразии (GBIF)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

III Национальная научная конференция с международным участием,
посвященная 100-летию со дня рождения академика РАН
Павла Леонидовича Горчаковского

Материалы докладов

Екатеринбург, 5–10 октября 2020 г.

**Екатеринбург
2020**

УДК 574:004.9
ББК 28.02+32.81
И 74

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 20-04-20004)*

Редакционная коллегия:
доктор биологических наук, доц. **А. С. Третьякова**,
кандидат биологических наук **Н. В. Иванова**,
научный сотрудник **М. П. Шашков**

Информационные технологии в исследовании биоразнообразия: материалы III Национальной научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика РАН П. Л. Горчаковского (Екатеринбург, 5–10 октября 2020 г.). – Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2020. – 588 с.

ISBN 978-5-7741-0383-6

В сборнике представлены материалы докладов участников III Национальной научной конференции с международным участием «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия», посвященной 100-летию со дня рождения академика РАН П. Л. Горчаковского. Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов в области информатики биоразнообразия: методы стандартизации, хранения и мобилизации данных; моделирование ареалов (в т.ч. чужеродных видов) на основе объединенных данных; использование ГИС-технологий, данных дистанционного зондирования Земли и математических моделей для изучения и анализа структуры и состояния биосистем. Книга предназначена для широкого круга специалистов в области изучения биологического разнообразия и биогеографии, кураторов научных биологических коллекций, IT-специалистов и специалистов в области анализа данных, а также для студентов и преподавателей университетов сельскохозяйственных, педагогических, медицинских и лесохозяйственных специальностей.

УДК 574:004.9
ББК 28.02+32.81

ISBN 978-5-7741-0383-6

© Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2020
© Оригинал-макет,
Гуманитарный университет, 2020

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin"
Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – the Branch
of Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences
Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences
Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of Sverdlovsk Region
Russian Botanical Society
Supported by:
Russian Foundation for Basic Research
Global Biodiversity Information Facility (GBIF)

INFORMATION TECHNOLOGY IN BIODIVERSITY RESEARCH

III National Scientific Conference with international participation,
dedicated to the 100th anniversary of the birth
of Russian academician Pavel Gorchakovskii

Conference Abstracts

Ekaterinburg, Russia, October 5–10, 2020

**Ekaterinburg
2020**

*The book was prepared with the financial support of
Russian Foundation for Basic Research
(project #20-04-20004)*

Editors:

**Sc. D. Alyona Tretyakova,
PhD Natalya Ivanova,
MSc Maxim Shashkov**

Information Technology in Biodiversity Research: Abstracts of III National Scientific Conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Russian academician Pavel Gorchakovskii (Ekaterinburg, Russia, October 5–10, 2020). – Ekaterinburg: University for the Humanities, 2020. – 588 p.

ISBN 978-5-7741-0383-6

This book contains conference abstracts of III National Scientific Conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Russian academician Pavel Gorchakovskii. The conference topics covered a wide range of topics in biodiversity informatics: methods of data standardization, storage and mobilization; species distribution modeling (including alien species) based on GBIF data; the use of GIS technologies, remote sensing data and mathematical models to study and analyze the structure and state of biosystems. The book is intended for a wide range of specialists in the field of studying biological diversity and biogeography, curators of natural history collections, IT and data analysis specialists, as well as for students and university professors in agricultural, pedagogical, medical and forestry specialties.

ISBN 978-5-7741-0383-6

© Ural Federal University named after the first President
of Russia B. N. Yeltsin, 2020
© Layout. Liberal Arts University – University
for the Humanities, 2020

Организаторы

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН
Институт экологии растений и животных УрО РАН
Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области
Русское ботаническое общество
Конференция проводится при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований,
Глобальной информационной системы о биоразнообразии GBIF
и академического издательства Pensoft

Программный комитет конференции

Председатель Программного комитета:

Большаков Владимир Николаевич – академик РАН, ИЭРиЖ УрО РАН,
Екатеринбург, Россия

Состав программного комитета:

Marc Cadotte, prof., Университет Торонто, Торонто, Канада
Dag Endresen, PhD, GBIF Норвегия, Осло, Норвегия
Akobir Mirzorakhimov, PhD, Таджикский Национальный Университет, Душанбе,
Таджикистан
Otso Ovaskainen, prof., Университет Хельсинки, Хельсинки, Финляндия
Щигель Д. С., PhD, Секретариат GBIF, Копенгаген, Дания
Баранова О. Г., д.б.н., БИН РАН, Санкт-Петербург, Россия
Бородин О. И., к.б.н., Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам,
GBIF Беларусь, Минск, Беларусь
Веселкин Д. В., д.б.н., ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург, Россия
Гельтман Д. В., д.б.н., БИН РАН, Санкт-Петербург, Россия
Калякин М. В., д.б.н., МГУ, Москва, Россия
Князев М. С., д.б.н., Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия
Мартыненко В. Б., д.б.н., Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия
Мухин В. А., д.б.н., УрФУ, Екатеринбург, Россия
Петросян В. Г., д.б.н., ИПЭЭ РАН, Москва, Россия
Розенберг Г. С., д.б.н., ИЭВБ РАН, Тольятти, Россия
Саксонов С. В., д.б.н., ИЭВБ РАН, Тольятти, Россия
Сафонов М. А., д.б.н., ОГПУ, Оренбург, Россия
Серегин А. П., д.б.н., МГУ, Москва, Россия
Третьякова А. С., д.б.н., УрФУ, Екатеринбург, Россия
Якимов В. Н., д.б.н., ННГУ, Нижний Новгород, Россия
Ямалов С. М., д.б.н., Южно-Уральский Ботанический сад-институт УНЦ РАН,
Уфа, Россия

Организационный комитет конференции

Председатель Организационного комитета:

Германенко Александр Викторович – д.ф.-м.н., УрФУ, Екатеринбург, Россия

Заместитель председателя организационного комитета:

Третьякова Алена Сергеевна, д.б.н., УрФУ, Екатеринбург, Россия

Секретари:

Кондратков П. В. – УрФУ, Екатеринбург, Россия

Иванова Н. В. – к.б.н., ИМПБ РАН – филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН,
Пушино, Россия

Состав организационного комитета:

Боровичёв Е. А., к.б.н., ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты, Россия

Владыкина В. Д., УрФУ, Екатеринбург, Россия

Диярова Д. К., УрФУ, Екатеринбург, Россия

Жуйкова Е. В., УрФУ, Екатеринбург, Россия

Зверев А. А., к.б.н., ТГУ, Томск, Россия

Зимницкая С. А., к.б.н., УрФУ, Екатеринбург, Россия

Золотарева Н. В., к.б.н., ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Неустроева Н. В., к.б.н., УрФУ, Екатеринбург, Россия

Подгаевская Е. Н., к.б.н., ИЭРиЖ УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Сенатор С. А., к.б.н., ИЭВБ РАН, Тольятти, Россия

Чадин И. Ф., к.б.н., Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
Сыктывкар, Россия

Шашков М. П., ИМПБ РАН – филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН,
Пушино, Россия

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	21
<i>Большаков В. Н., Мухин В. А., Подгаевская Е. Н., Золотарева Н. В., Пустовалова Л. А., Ерохина О. В.</i> К 100-летию со дня рождения академика П. Л. Горчаковского	23
<i>Залесов С. В.</i> Научная и педагогическая деятельность П. Л. Горчаковского в Уральском лесотехническом институте	33
<i>Шубницина Е. И., Шиятов С. Г., Григорьев А. А., Мусеев П. А.</i> Исследования П. Л. Горчаковского в районе Саблинского хребта (Приполярный Урал) в 1954 году	37
* * *	
<i>Аста В.</i> Ecological and Economic Dimensions in Biodiversity and Ecosystem Service Valuation	41
<i>Altaev A. A., Rupyshev Y. A., Konovalova E. V., Sodboeva S. Ch.</i> Information Technologies in the Study of Forests and Forestry	43
<i>Badalyan S. M., Gharibyan N. G.</i> The Role of Fungal Culture Collections and Databases to Study and Preserve Mycobiodiversity	45
<i>Bolshakov S. Yu., Kalinina L. B., Voronina E. Yu., Palomozhnykh E. A., Potapov K. O., Filippova N. V., Shiryaeva O. S., Palamarchuk M. A.</i> Agaricoid Fungi Diversity in Russia: Experience and Results of Literature Data Compilation	48
<i>Filippova N. V., Filippov I. V.</i> Digitization and Mobilization of Biodiversity Data in Northern West Siberia	52
<i>Nadiradze K., Phirosmanashvili N.</i> Agrobiodiversity is an Essential Component of all Agricultural and Ecosystems of Georgia	54
<i>Payne D., Spehn E. M., Snethlage M., Fischer M.</i> Mountain Biodiversity Under Global Change: State of Knowledge and Data Needs	55
<i>Агафонова Н. В., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В.</i> Идентификация бактерий рода <i>Methylopila</i> с использованием MALDI-MS анализа	58

Андреев А. В., Гунин П. Д., Бажга С. Н., Данжслова Е. В., Петухов И. А., Саандарь М., Дугаржав Ч., Адьяа Я. Атлас экосистем Монголии как визуальное отражение базы данных по структуре, разнообразию и динамике наземных экосистем Монголии	61
Арнаутова Г. И., Таймазова Н. С. Ботанические экскурсии как элемент изучения флоры города и окрестностей	64
Афонин А. Н. Эколого-географический анализ и моделирование экологической ниши вида: концепция	67
Баврина А. Ю., Белова О. А., Власова Н. В., Денисова А. Ю., Кавеленова Л. М., Корчиков Е. С., Кузовенко О. А., Макарова Ю. В., Прохорова Н. В., Терентьева Д. А., Федосеев В. А. Оптимизация выявления и мониторинга ценных растительных сообществ при интеграции наземных обследований и технологий обработки данных ДЗЗ	70
Багмет Л. В., Корнеев В. Б. База данных «Гербарий ВИР»: история создания и современное состояние	74
Бажга С. Н., Андреев А. В., Басхаева Т. Г., Богданов Е. А., Данжслова Е. В., Дробышев Ю. И., Петухов И. А., Рупышев Ю. А., Убугунова В. И., Хадбаатар С., Цыремпилов Э. Г. Анализ причин и последствий деградации экосистем бассейна Байкала на основе долговременного мониторинга сети модельных полигонов	77
Баишева Э. З., Бикташев Т. У., Валитова Л. А. Об оцифровке бриологической коллекции гербария УИБ УФИЦ РАН (UFA)	81
Баранова О. Г., Слсстунов Д. Д. База данных альпинария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН	85
Беденко А. Б. Оцифровка фондов гербария им. профессора Б. М. Козо-Полянского Воронежского государственного университета (VOR): начало работы	88
Березина Т. В. Инвентаризация действующих и заброшенных плодово-ягодных насаждений, заложенных в XIX–XX вв. на территории Заволжско-Уральского региона	90
Бикбаев И. Г., Мартыненко В. Б., Баишева Э. З. Синтаксономическое разнообразие болот Башкирского Предуралья	94
Бородин О. И. Базы данных о биологическом разнообразии Беларуси	98
Боталов В. С., Переведенцева Л. Г. Мониторинг подстилочных сапротрофов сосняка брусничного в южнотаежных лесах Пермского края	101

<i>Брянская Е. П., Шмидер К., Беккер Р.</i>	
Разнообразие и пространственная структура растительности центральной зоны восточного побережья озера Байкал	105
<i>Буйволов Ю. А., Иванова Н. В., Быкова Е. П., Мейке Е.</i>	
Летопись природы как систематизированный ресурс данных о биоразнообразии России и сопредельных стран	109
<i>Вавилов Д. Н.</i>	
Опыт внесения архивных данных о биоразнообразии беспозвоночных в GBIF	113
<i>Ваганов А. В., Жолнерова Е. А., Шмаков А. И.</i>	
Применение методов информатики биоразнообразия для формирования Красной книги Алтайской горной страны (растения)	115
<i>Верхозина А. В., Агафонова Т. А., Антонов И. А., Воронин В. И., Егорова И. Н., Иванова М. В., Казановский С. Г., Калугина О. В., Кривенко Д. А., Малышева, В. Ю., Михайлова Т. А., Мориц Р. С., Морозова Т. И., Мурашко В. В., Осколков В. А., Преловская Е. С., Суворова Г. Г., Тарасов Д. В., Федоров Р. К., Шергина О. В., Шипаренок А. А., Эбель А. Л.</i>	
Оцифровка данных экологического мониторинга в Сибирском институте физиологии и биохимии растений СО РАН	119
<i>Веселкин Д. В., Дубровин Д. И., Пустовалова Л. А., Коржиневская А. А.</i>	
Влияют ли чужеродные деревья и кустарники на богатство напочвенного покрова: анализ в масштабе внутриценотической мозаики	123
<i>Винчевский А. Е., Бородин О. И.</i>	
База «Биоразнообразие Беларуси»: взаимодействие гражданской и академической науки	127
<i>Владыкина В. Д., Мухин В. А., Бадалян С. М.</i>	
База данных о распространении видов родов <i>Daedaleopsis</i> в азиатской части России	130
<i>Воробьев Н. И., Пухальский Я. В., Свиридова О. В., Пищик В. Н.</i>	
Микробно-растительные биосистемы расширяют генетическое разнообразие собственных компонентов	132
<i>Высоких Т. С.</i>	
Использование ГИС-технологий для выявления климатической ниши мезоморфных мятликов (<i>Poa</i> L.) секции <i>Stenopoa</i>	135
<i>Гайда В. В., Ротанова И. Н.</i>	
Эколого-фитогеографический геоинформационно-картографический анализ (на материалах Алтайского края)	138

Гераськина А. П., Ухова Н. Л., Куприн А. В., Гребенников М. Е., Ермолов С. А.	
Распределение почвенных сапрофагов в элементах лесной мозаики пихто-ельников Висимского заповедника	142
Глазунов В. А.	
Концепция создания базы данных о редких и охраняемых видах Западной Сибири	145
Григорьев А. А., Шиятов С. Г., Шалаумова Ю. В., Моисеев П. А., Харлов П. А., Мазепа В. С.	
Мониторинг динамики древесной и кустарниковой растительности Уральских гор с помощью веб-сервиса ландшафтных фотоснимков	149
Григорьевская А. Я., Владимиров Д. Р., Субботин А. С., Мирошникова А. А.	
Перспективы развития локальной электронной базы данных VORG	152
Груданов Н. Ю.	
Публикация базы данных «Сосудистые водные растения Среднего Урала» в системе GBIF	154
Гуреева И. И.	
Фонды гербария им. П. Н. Крылова (ТК) и необходимость их оцифровки	157
Давыдов Е. А.	
Биоразнообразие Тигирекского заповедника и его отражение в глобальной базе данных об объектах биоразнообразия (GBIF)	161
Давыдов Е. А., Мотин А. С., Ваганов А. В., Зятнина М. В., Стороженко Ю. В., Яковченко Л. С.	
Система для формирования веб-ориентированных динамических чек-листов лишайников на основе литературных данных	165
Данилкина Н. В., Дедков В. П.	
Распространение золотарника канадского (<i>Solidago canadensis</i> L.) в восточной части региона Балтийского моря	167
Долгачева Л. Е., Ротанова И. Н.	
Исследование затопленных лесных участков по данным дистанционного зондирования	171
Домнина Е. А., Кантор Г. Я.	
Особенности информационной системы электронного фитоценозари Кировской области	175
Дровнина С. И., Черенкова Н. Н., Петрова Н. В., Федченко И. А., Старопопов Г. А., Шаврина Е. В., Долгих А. В.	
Примеры использования современных технологий в научной работе на особо охраняемых территориях в Архангельской области	178

<i>Дулепова Н. А.</i> Географическая дифференциация псаммофитной растительности Байкальской Сибири и ее синтаксономическое положение	182
<i>Дунаев А. В., Дунаева Е. Н., Коротких А. С., Курской А. Ю., Зеленкова В. Н.</i> Редкие виды грибов-макромицетов Белгородской области	186
<i>Дусаева Г. Х., Дусаева Н. В., Ряхов Р. В.</i> Сопоставление данных сезонной динамики запасов надземной фитомассы и индекса NDVI в степных фитоценозах (на примере участка «Буртинской степи» ГПЗ «Оренбургский»)	189
<i>Еремкина Т. В.</i> Разнообразие цианопрокариот (цианобактерий) в водохранилищах Свердловской области (Средний Урал)	193
<i>Ефимова А. А.</i> Красная книга Костромской области: интерактивная карта	197
<i>Железнова Т. В., Бородин О. И.</i> Государственные кадастры растительного и животного мира Республики Беларусь	199
<i>Животовский Л. А.</i> Выделение экогеографических единиц и единиц запаса кеты Дальнего Востока России	203
<i>Жигунова С. Н., Широких П. С., Михайленко О. И., Федоров Н. И.</i> Использование цифровой модели рельефа и материалов лесоустройств для анализа распределения растительных сообществ на западном макросклоне Южного Урала	206
<i>Жуйкова Е. В., Мухин В. А., Бадалян С. М.</i> О формировании базы данных <i>Fomes fomentarius</i> на Урале	210
<i>Загидуллина А., Динкелакер Н.</i> Оценка и картирование местообитаний на основе данных дистанционного зондирования с использованием методов RSFP	213
<i>Зайцев А. С.</i> Методологические особенности пространственного анализа массивов данных о панцирных клещах в биотопах Европы	217
<i>Зверев А. А.</i> Интегрированные ботанические информационные системы: синергия традиций и инноваций	219
<i>Зеленкова В. Н., Курской А. Ю., Дунаев А. В., Дунаева Е. Н., Коротких А. С.</i> Кальцеофильная флора ботанического сада Белгородского государственного национального исследовательского университета	223

Золотарева Н. В., Липихина Ю. А., Подгаевская Е. Н. Влияние рябинника рябинолистного (<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun) на видовое богатство и состав естественных лесных сообществ (Средний Урал)	225
Золотарева Н. В., Подгаевская Е. Н. Особенности морфометрической изменчивости <i>Stipa pennata</i> L. на северной границе распространения (Средний Урал)	229
Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Мигалина С. В., Юдина П. К., Иванова Л. А. База данных о содержании фотосинтетических пигментов в растениях	233
Иванова А. В., Костина Н. В., Аристова М. А. Зависимость некоторых параметров родового спектра от размеров флористической выборки	235
Иванова Л. А., Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К., Мигалина С. В., Кадушников Р. М. Современные информационные технологии в исследовании функционального разнообразия растений	238
Иванова Н. В. Использование данных GBIF.org российскими исследователями	242
Иванова Н. В., Шашков М. П., Шанин В. Н., Грабарник П. Я. Определение характеристик смешанных древостоев по данным аэрофотосъемки	245
Ильина В. Н. Особенности структуры природных ценопопуляций <i>Globularia punctata</i> Lareur. (Самарская область)	249
Калякин М. В., Волцит О. В., Морковин А. А., Уколов И. И. Базы данных, онлайн-системы и научные результаты: опыт первой в стране программы из серии citizen science	253
Капитонова О. А. Материалы к характеристике гидрофильной флоры г. Тобольска (Тюменская область)	257
Каримов Ф. И., Бешко Н. Ю. Современные флористические исследования в Узбекистане и возможности их интеграции в GBIF	261
Карнов М. В., Сауткин И. С., Рогова Т. В. Удельная площадь листьев (SLA) как показатель функционального состояния экосистем	264
Каширская Н. Н. Интегральный показатель биологического состояния земледельческих террас горного Дагестана	268
Каширская Н. Н. Термофильные микроорганизмы как индикатор микробиологического загрязнения почвы	270

<i>Кин Н. О.</i>	
Особенности географической структуры дифференциальных видов флоры боров Русской равнины на южном пределе распространения <i>Pinus sylvestris</i> L.	273
<i>Кириченко В. Е., Нешатаева В. Ю., Нешатаев В. Ю.</i>	
Применение ГИС-технологий для геоботанического картографирования и анализа дифференциации растительного покрова северной Корякии	277
<i>Князева С. Г., Седаева М. И.</i>	
Опыт создания виртуального гербария и коллекции семян и плодов растений-интродуцентов	281
<i>Ковтонюк Н. К.</i>	
Цифровой гербарий ЦСБС СО РАН: современное состояние и перспективы	283
<i>Кожевникова М. В., Фатыхова С. Р.</i>	
Статистические модели растительных сукцессий на территориях законсервированных нефтедобывающих скважин	287
<i>Кожин М. Н., Матвеев А. В., Сенников А. Н.</i>	
База данных «Флора Русской Лапландии»	290
<i>Колганихина Г. Б.</i>	
Разнообразие грибной биоты Теллермановского леса	293
<i>Колесникова А. А., Конакова Т. Н., Кудрин А. А., Таскаева А. А.</i>	
Перспективы развития информационной системы «Почвенная фауна Республики Коми»	296
<i>Комарова А. Ф., Бородулина В. П., Чердниченко О. В., Зудкин А. Г.</i>	
Карта союзов травяных сообществ: создание и валидация на основе снимков Sentinel-2 и данных с квадрокоптера	300
<i>Кондратков П. В., Третьякова А. С., Груданов Н. Ю.</i>	
База данных сегетальных растений Свердловской области	304
<i>Коржавина О. А., Иваненко В. Н.</i>	
База данных о разнообразии и распространении веслоногих ракообразных – эндопаразитов восьмилучевых кораллов Мирового океана	307
<i>Коровин В. А.</i>	
Роль агроландшафта в формировании ландшафтного и биологического разнообразия региона	310
<i>Королькова Е. О., Васильков Я. Е.</i>	
Биоклиматическое моделирование распространения западноевропейских видов сосудистых растений для установления их полемохорного происхождения на территории Средней России	314

Коротких А. С., Дунаев А. В., Дунаева Е. Н., Курской А. Ю., Зеленкова В. Н. Перспективы создания коллекции <i>Tulipa</i> L. в Белгороде	316
Коротких Н. Н. Биологические коллекции, базы данных и опыт их оцифровки в природном парке «Кондинские озера» (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра)	319
Котов А. А., Сипач В. А. Новые подходы к ведению коллекции «Дендрарий» ЦБС НАН Беларуси	322
Кривошеев М. М., Герасимов С. В., Ахмедьянов Д. И. Использование ГИС-технологий для получения данных о редких видах животных в Республике Башкортостан (на примере платформы inaturalist.org)	325
Кузьменкова С. М., Носиловский О. А., Завадская Л. В., Зубарев А. В. Опыт создания поисковой системы о биоразнообразии сосудистых растений (ИПС НВС-INFO, Беларусь)	327
Кузьмин И. В. Электронный мультимедиа-проект «Растения Тюменской области»	329
Кулагин А. Ю., Тагирова О. В. Экологические аспекты развития городов: сохранение, реконструкция и создание лесных насаждений	333
Курской А. Ю., Зеленкова В. Н., Дунаев А. В., Коротких А. С., Дунаева Е. Н. Инвазионные виды особо охраняемых природных территорий на юго-западе Среднерусской возвышенности	336
Кутуева А. Г., Федоров Н. И., Мулдашев А. А., Галеева А. Х. Анализ потенциального ареала <i>Patrinia sibirica</i> (L.) Juss. на Южном Урале	338
Лазарева О. Л. Использование электронной базы данных для учета и мониторинга макромицетов, нуждающихся в охране	342
Ларин Е. Г. Опыт создания ГИС природного парка «Кондинские озера»	346
Лебедева М. В., Ямалов С. М., Королюк А. Ю., Голованов Я. М., Золотарева Н. В., Драп М. Н. Фитоценотека травяной растительности Южного Урала как инструмент анализа и мониторинга биоразнообразия	349
Лунева Н. Н., Федорова Ю. А. Применение ГИС-технологий для фитосанитарного районирования территории в отношении сорных растений	353

<i>Лысенко Т. М., Дутова З. В., Шильников Д. С., Щукина К. В., Кессель Д. С., Абдурахманова З. И., Гаджиатаев М. Г., Серебряная Ф. К.</i>	
Опыт создания и перспективы базы данных растительных сообществ гор-лаколлитов Центрального Кавказа	358
<i>Макунина Н. И.</i>	
К вопросу о создании электронных справочных систем в геоботанике	361
<i>Малыгин В. М., Баскевич М. И., Варшавский А. А., Хляп Л. А.</i>	
Анализ формирования парапатрической зоны контакта двух 46-хромосомных форм обыкновенной полевки с применением ГИС-технологий ...	363
<i>Мартыненко В. Б., Федоров Н. И., Жигунова С. Н., Михайленко О. И., Шендель Г. В.</i>	
Изменение распространения широколиственных древесных видов в центральной части Южного Урала со второй половины XX века	367
<i>Махнева С. Г., Мохначев П. Е.</i>	
Качество пыльцы сосны обыкновенной в зоне действия дымовых выбросов АО «Карабашмедь»	371
<i>Мелехин А., Федоров Р.</i>	
Л. – развитие идей CRIS на базе Geoservices	374
<i>Мельников Д. Г., Сластунов Д. Д.</i>	
База данных «Флора Урала»	377
<i>Мигалина С. В., Иванова Л. А., Махнев А. К.</i>	
Создание, изучение и информационная поддержка популяционных культур как метод анализа биоразнообразия и сохранения лесного генофонда	380
<i>Михайлов Ю. Е., Шевелина И. В., Колесникова В. А.</i>	
Опыт использования ГИС для анализа регионального биоразнообразия: жуки-листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) Челябинской области	383
<i>Михайлова М. В., Хусаинова Э. Р.</i>	
Эхолокационное исследование фауны рукокрылых с использованием системы Introducing Echo Meter Touch 2	387
<i>Монтиле А. И., Шавнин С. А., Монтиле А. А., Голиков Д. Ю.</i>	
Анализ разнообразия морфотипов сосны обыкновенной в зоне краевого эффекта	391
<i>Мысник Е. Н.</i>	
Видовое разнообразие сорных растений отдельных типов местообитаний на территории г. Тосно (Ленинградская область)	395
<i>Мысник Е. Н., Лунева Н. Н.</i>	
База данных «Сорные растения: гербарная коллекция ВИЗР»	399
<i>Намсараев З. Б., Комова А. В., Мельникова А. А., Шарко Ф. С., Иванов В. А., Руденко А. П., Теслюк А. Б.</i>	
Экология и биоразнообразие фотосинтезирующих микроорганизмов озера Байкал	402

Неустроева Н. В., Диярова Д. К. Биоразнообразие мицетобионтных водорослей	404
Нешатаев В. В. Анализ биоразнообразия растительности речных долин Большеземельской тундры	406
Никонова Н. Н., Пустовалова Л. А. Разработка флористических баз данных и их роль в изучении фиторазнообразия Свердловской области	408
Новаковский А. Б., Маслова С. П., Далькэ И. В., Дубровский Ю. А. Опыт использования международной базы данных морфологических показателей TRY-DB для оценки жизненных стратегий видов	411
Олонова М. В., Высоких Т. С. Опыт использования ГИС-технологий в исследованиях морфологического разнообразия мятликов (<i>Poa</i> L.) на территории Азиатской России ...	414
Осипов Ф. А., Бобров В. В., Дергунова Н. Н., Неймарк Л. А., Вергун А. А., Аракелян М. С., Петросян В. Г. Экологическая и генетическая характеристики однополых и двуполых видов ящериц рода <i>Darevskia</i>	418
Османова Г. О., Животовский Л. А. Использование ГИС-технологий для выделения экогеографических агрегаций редких видов растений	421
Пак С. Я., Абакумов А. И. Использование данных дистанционного зондирования в модельном исследовании пространственного распределения фитопланктонных видов в районе западнокамчатского шельфа	425
Панасенко Н. Н., Харин А. В., Холенко М. С. Растения-трансформеры на территории Брянской области: анализ данных сеточного картографирования	429
Парфенова Е. И., Чебакова Н. М. Прогнозные карты распределения веса семян сосны обыкновенной на территории России при потеплении климата в течение XXI века	433
Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Бобров В. В., Дергунова Н. Н., Омельченко А. В., Даниелян Ф. Д., Аракелян М. С. Построение моделей пространственного распределения и экологических ниш партеногенетических и родительских видов рода <i>Darevskia</i> на основе многолетних данных учета и климатических, топографических и ландшафтных предикторов	436
Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Дергунова Н. Н., Омельченко А. В. Комплекс моделей расширения ареалов самых опасных инвазионных видов растений на территории России в условиях глобальных климатических изменений	440

<i>Письмаркина Е. В., Бялт В. В., Егоров А. А., Хитун О. В.</i> Таксономический и биоморфологический состав чужеродной флоры Ямало-Ненецкого автономного округа (Россия)	444
<i>Поспелов И. Н.</i> Уровни географической локализации пространственных данных в информационных ресурсах о биологическом разнообразии	448
<i>Потапов А. М., Зайцев А. С., Кузнецова Н. А., Шашков М. П., Иванова Н. В.</i> Создание российского почвенно-зоологического портала данных о биоразнообразии	452
<i>Потапов К. О.</i> База данных о грибах Республики Татарстан на основе платформы Google Spreadsheets	455
<i>Потапова А. В., Петросян А. А., Коробов Д. С.</i> Пространственное варьирование микробиологических свойств почв в окрестностях древних поселений	458
<i>Прохоров В. Е.</i> Пространственный анализ и моделирование видового разнообразия сосудистых растений Республики Татарстан	460
<i>Розова И. В., Волкова Е. М.</i> Опыт создания баз данных для оценки биоразнообразия природных комплексов Куликова поля	463
<i>Ронжина Д. А.</i> База данных функциональных листовых параметров водных и прибрежно-водных растений Среднего Урала	466
<i>Савицкий Е. В.</i> Создание базы данных тропических и субтропических лиан в оранжерейном комплексе Ботанического сада УрО РАН	468
<i>Санданов Д. В.</i> Разработка базы данных по распространению сосудистых растений Азиатской России	470
<i>Светашиева Т. Ю., Серегин А. П.</i> Цифровой гербарий Тульской области	473
<i>Сёмин П. О., Груданов Н. Ю.</i> Checkplantlist.online – веб-приложение для проверки названий видов по базе The Plant List	476
<i>Сенатор С. А.</i> Мобилизация данных о разнообразии сосудистых растений Среднего Поволжья	479
<i>Серегин А. П.</i> Цифровой гербарий МГУ: через региональные сайты к консорциуму	481

<i>Солодянкина С. В., Вантеева Ю. В.</i>	
База данных полевых ландшафтных исследований в Прибайкалье	485
<i>Степанова Н. Ю.</i>	
Оцифровка и базы данных гербария Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН	488
<i>Толкач О. В.</i>	
Популяционные группы деревьев в березовых древостоях Зауралья в зональном градиенте	491
<i>Толстикова Т. Н., Еднич Е. М., Бескровная А. Ю., Конева Ю. Ю., Чернявская И. В.</i>	
Результаты и перспективы оцифровки научных биологических коллекций Адыгейского госуниверситета	493
<i>Тукачева А. В.</i>	
Опыт создания баз данных о биоразнообразии на объектах гидролесомелиорации Среднего Урала	497
<i>Федоров Н. И., Мулдашев А. А., Кутуева А. Г., Михайленко О. И.</i>	
Об особенностях моделирования потенциальных ареалов редких видов растений	500
<i>Федоров Р. К., Верховзина А. В.</i>	
Web-сервисы в анализе флоры Байкальской Сибири	504
<i>Федорова С. В.</i>	
6 инновационных концепций на пути познания разнообразия растительного мира	508
<i>Фомин В. В., Мартюшов П. А., Скоморохова Г. В., Лежнина О. С., Ботов А. А., Рогачев В. Е.</i>	
Создание реестра растений Уральского сада лечебных культур с использованием ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования	512
<i>Фролова Г. Г., Фролов П. В., Шанин В. Н., Иванова Н. В.</i>	
Изучение факторов, влияющих на возобновление в сосновых лесах южного Подмосковья	516
<i>Ханина Л. Г., Бобровский М. В., Стаменов М. Н.</i>	
Разнообразие растительности на участках катастрофического ветровала в заповеднике «Калужские засеки»	519
<i>Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Лунева Н. Н., Третьякова А. С., Кондратков П. В.</i>	
Региональные базы данных сегетальной растительности как основа сравнительных анализов и обобщений	522
<i>Хитун О. В., Королева Т. М., Schaepman-Strub G., Iturrate-Garcia M.</i>	
Изучение и мониторинг биоразнообразия сосудистых растений низовой реки Индигирки методом локальных флор	525

<i>Хляп Л. А., Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Варшавский А. А.</i> Использование данных GBIF для создания карт ареалов инвазионных видов млекопитающих России	528
<i>Хорева М. Г.</i> Региональный гербарий (MAG) перед вызовами современной эпохи	531
<i>Чадин И. Ф.</i> ZENODO и GBIF: сравнение репозиторий для публикации наборов первичных данных	534
<i>Чадин И. Ф., Шубина Т. П., Железнова Г. В., Литвиненко Г. А., Рубцов М. Д.</i> Повышение производительности труда при мобилизации данных о биоразнообразии на примере коллекции мохообразных гербария SYKO	536
<i>Чепинога В. В., Баркалов В. Ю., Князев М. С., Эбель А. Л.</i> Подготовка чек-листа флоры сосудистых растений Азиатской России	540
<i>Чурсина М. А.</i> Использование методов геометрической морфометрии для изучения эволюционных тенденций в семействе Dolichopodidae (Diptera)	544
<i>Шабалкина С. В., Пересторонина О. Н., Негодина В. С., Пакеева А. Э., Лийман В. В.</i> Значение гербарной коллекции Вятского государственного университета в изучении биоразнообразия Кировской области	547
<i>Шалаумова Ю. В., Григорьев А. А., Моисеев П. А., Ерохина О. В., Соковнина С. Ю.</i> Анализ сдвига верхней границы редколесий на хребте Кваркуш (Северный Урал) с использованием ГИС-технологий	551
<i>Шашков М. П.</i> Находки iNaturalist как источник данных для изучения биоразнообразия России и их качество	554
<i>Шашков М. П., Иванова Н. В.</i> Картографирование древостоя старовозрастного широколиственного леса по материалам зимней аэрофотосъемки с применением БПЛА	558
<i>Шереметова С. А., Хрусталёва И. А.</i> Гербарий Кузбасского ботанического сада как база для создания информационной системы «Цифровой гербарий Кузбасса»: проблемы и перспективы	561
<i>Шилов Д. С.</i> Анализ старовозрастных участков леса на присоединенной в 2001 г. территории Висимского заповедника	565
<i>Шипилина Л. Ю., Чухина И. Г.</i> Использование ГИС-технологий для оценки зараженности ООПТ <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.	568

<i>Ширяев А. Г., Пейнтнер У., Кнудсен Х.</i>	
База данных CLAVARIAWORLD и результаты картирования видового богатства клавариоидных грибов	571
<i>Шиигин А. С.</i>	
Агарикоидные базидиомицеты березняка разнотравного (Пермский край, подзона южной тайги)	573
<i>Шлыкова Н. А., Третьякова А. С., Груданов Н. Ю.</i>	
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers – новый вид во флоре Свердловской области	577
<i>Юдина П. К., Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Мигалина С. В., Калашикова И. В., Иванова Л. А.</i>	
База данных функциональных параметров листьев степных растений Северной Евразии	580
<i>Якимов В. Н.</i>	
Интеграция филогенетических данных и функциональных признаков в методы анализа структуры сообщества	583
<i>Янцер О. В., Вдовин А. С.</i>	
Картографирование фенологических явлений с применением ПК ArcGIS Desktop	586

ПРЕДИСЛОВИЕ

Накопленные научные данные в сочетании с современными цифровыми технологиями во многом изменили модель проведения научных исследований. Решение крупных научных проблем все чаще базируется на анализе больших массивов объединенных данных, полученных из разных источников (так называемая парадигма Data-driven science). Подобный подход позволяет не только проводить исследования макрорегионального и глобального охвата, но и повысить их эффективность за счет повторного использования данных, синтеза знаний из смежных научных дисциплин и привлечения широкого круга экспертов из разных отраслей науки.

III Национальная научная конференция с международным участием «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия», посвященная 100-летию со дня рождения академика РАН П. Л. Горчаковского, ориентирована на обсуждение широкого круга проблем в области использования объединенных данных о биоразнообразии. Тематика конференции лежит в области информатики биоразнообразия (biodiversity informatics) – высокотехнологичной и бурно развивающейся в мире отрасли науки, направленной на создание единого информационного пространства накопленных человечеством знаний о разнообразии живого. Это междисциплинарное направление возникло на стыке информатики и полевой биологии, в связи с чем проблематика конференции затрагивает как фундаментальные вопросы исследований биоразнообразия, так и базовые концепции информатики. Целями проведения конференции является обсуждение стандартов для формализации, оцифровки и хранения биологических данных; решение методами анализа объединенных данных фундаментальных проблем оценки состояния биоразнообразия, динамики биологических систем и влияния экологических факторов на эти процессы.

«Информационные технологии в исследовании биоразнообразия – 2020» – третья конференция подобной тематики, две предшествующие состоялись в г. Апатиты на базе Института проблем промышленной экологии Севера и Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина (2017 г.) и в Иркутске на базе Института динамики систем и теории управления СО РАН (2018 г.). В 2020 г. в конференции приняли участие более 150 исследователей из 60 городов России и зарубежные коллеги из Дании, Швейцарии, Бельгии, Болгарии, Турции, Армении, Республики Беларусь, Республики Узбекистан, Грузии, Монголии, Германии, Финляндии, Австрии. Программа конференции включала следующие секции:

- 1) глобальные порталы о биоразнообразии: интеграция данных и их использование в научных исследованиях;
- 2) мобилизация данных о биоразнообразии в России: опыт разработки баз данных и информационных систем;
- 3) современное состояние и перспективы оцифровки российских научных биологических коллекций;
- 4) биологическое разнообразие водных и наземных экосистем и методы его анализа;
- 5) применение ГИС-технологий и использование данных дистанционного зондирования в исследованиях биологического разнообразия.

Мы надеемся, что традиция проведения конференций «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия» будет продолжена. Распространение принципов открытой науки способствует повышению качества научных исследований, открывает возможности представления их результатов на международной арене и вовлечения отечественных исследователей в крупные международные проекты, а также публикации их результатов в высокорейтинговых научных журналах. Оно повышает доступность и объем «видимых» (т.е. обнаружимых через Интернет) данных о распространении видов; позволяет сохранить наследие в виде научных данных, которое было накоплено советскими и российскими исследователями; повысить эффективность научных исследований путем противодействия фальсификации, оптимизации анализа и проверки качества данных; проводить на макрорегиональном уровне исследования по сохранению ключевых функций экосистем с привлечением передовых методов статистической и пространственной обработки данных.

Организационный комитет конференции

**К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА
П. Л. ГОРЧАКОВСКОГО**

Большаков В. Н., Мухин В. А., Подгаевская Е. Н., Золотарева Н. В.,
Пустовалова Л. А., Ерохина О. В.

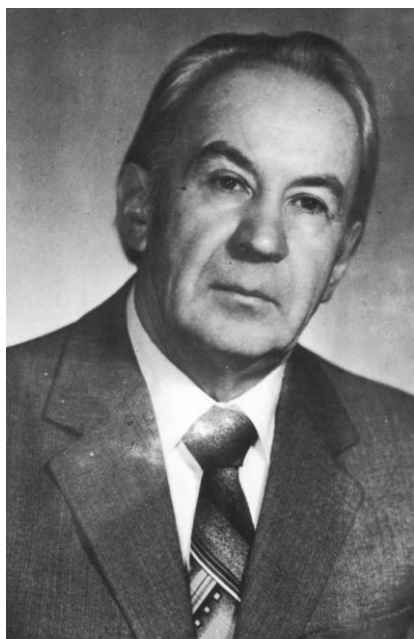
Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**TO THE 100th ANNIVERSARY OF BIRTH THE ACADEMICIAN
P. L. GORCHAKOVSKY**

Bolshakov V. N., Mukhin V. A., Podgaevskaya E. N., Zolotareva N. V.,
Pustovalova L. A., Erokhina O. V.

*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: victor.mukhin@ipae.uran.ru



П. Горчаковский

Павел Леонидович Горчаковский
(03.01.1920 – 04.06.2008)

3 января 2020 г. исполнилось 100 лет со дня рождения академика Павла Леонидовича Горчаковского – выдающегося советского, российского геоботаника, фитогеографа и эколога. П. Л. Горчаковский родился и вырос в Сибири – г. Красноярске, где окончил школу (1935) и лесохозяйственный факультет Сибирского лесотехнического института (1940). По окончании института Павел Леонидович работал научным сотрудником в Сибирском НИИ лесного хозяйства и лесозащиты и занимался изучением пихтовых лесов Восточных Саян. По результатам этих работ им была подготовлена и успешно защищена в Иркутском государственном университете кандидатская диссертация «Фитоценотический строй и флористические особенности пихтовых лесов Восточного Саяна» (1945).

С 1945 года научная, педагогическая деятельность П. Л. Горчаковского связана с Уралом – после защиты кандидатской диссертации по рекомендации академика В. Н. Сукачева Павел Леонидович был приглашен на должность заведующего кафедрой ботаники и дендрологии

Уральского лесотехнического института, которую в годы Великой Отечественной войны возглавлял В. Н. Сукачев.

Начиная с 1945 г. научные интересы Павла Леонидовича связаны с изучением высокогорной растительности Урала. Экспедиционными исследованиями были охвачены Приполярный (горы Народная, Манарага, Сабля), Северный (хребет Чистоп, горы Ялпинг-Ньёр, Денежкин, Конжаковский и Косвинский Камни), Средний и Южный Урал (горы Яман-Тау, Ирмель, Зигальга, Нары и Таганай). В 1953 г. П. Л. Горчаковский успешно защитил в Институте леса АН СССР диссертацию на соискание ученой степени доктора биологических наук на тему «Растительность верхних поясов гор Урала» (научный консультант академик В. Н. Сукачев), а в 1954 г. ему было присвоено ученое звание профессора по специальности «Ботаника и дендрология».

В 1958 г. П. Л. Горчаковский принимает предложение С. С. Шварца возглавить лабораторию ботаники в Институте биологии Уральского филиала АН СССР (сейчас это Институт экологии растений и животных УрО РАН), и на протяжении последующих 50 лет творческая жизнь Павла Леонидовича неразрывно связана с этим Институтом (рис. 1).



Рис. 1. П. Л. Горчаковский. 1949 г.

Это было время масштабных научных работ по изучению состава высокогорной флоры, закономерностей высотного распределения растительных сообществ, их динамики, высокогорных лесов, лугов, тундр, гольцов. Этим вопросам посвящены монографии П. Л. Горчаковского «Флора и растительность высокогорий Урала» (1966), «Растительный мир высокогорного Урала» (1975), а также и подготовленные им главы в монографиях «Урал и Приуралье» (1968), «Ural, Gebirge der Erde: Landschaft, Klima, Pflanzenwelt» (2004). В монографии «Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях» (1985), написанной в соавторстве с его первым учеником С. Г. Шиятовым, представлены теоретические и методические основы оценки параметров среды и природных процессов в высокогорьях: снеговой покров, ветровая ситуация, термический режим, изменения климата, антропогенная деятельность (рис. 2).



Рис. 2. На Северном Урале во время работ по изучению снежного покрова в высокогорьях. 1952 г.

Одно из главных направлений исследований Павла Леонидовича – изучение закономерностей горизонтальной и вертикальной дифференциации растительного покрова. Многочисленные экспедиции в разных районах Урала, Предуралья и Зауралья позволили выявить специфику высокогорных ландшафтов Урала и, отступив от «альпийского трафарета», разработать оригинальную концепцию зональности и поясности растительности на Урале и прилегающих равнинах. Уральский хребет, протянувшийся в меридиональном направлении более чем на 2 000 км и пересекающий несколько зон (от тундровой на севере до степной на юге), является очень интересным районом для изучения особенностей распространения животных по зонам и аналогичным высотным поясам. Известно, что поясность, всегда связанная с зональностью, нормально проявляется только в широтно ориентированных хребтах, каким и является Уральский хребет. П. Л. Горчаковский выделил на Урале шесть поясов растительности: горно-степной, горно-лесостепной, горно-лесной, подгольцовый, горно-тундровый (гольцовый) и пояс холодных гольцовых пустынь (рис. 3). Исследования, проведенные в различных горных районах Урала и на прилегающих равнинах одним из авторов (Большаков, 1972), позволили обнаружить четыре типа распределения мелких млекопитающих по ландшафтным зонам и аналогичным высотным поясам. Первый выражается в строгом соответствии заселяемых видов зон и поясов, второй – в отсутствии предпочтения каких-либо зон и поясов. Третий тип свойственен видам крайне стенотопным в условиях гор, такие виды приурочены к характерным местообитаниям верхних поясов гор Урала (каменистые россыпи). Четвертый (самый обычный) тип распределения выражается в заселении видом нескольких ландшафтных зон и высотных поясов без четкой аналогии в распределении. Для животных последней группы характерна и изменчивость в распространении по поясам в зависимости от зонального положения участков хребтов.

На примере Урала было установлено, что особенности распространения видов мелких млекопитающих по зонам и высотным поясам во многих случаях не совпадают; это свидетельствует и об известных отличиях в приспособлениях животных к условиям обитания в аналогичных зонах и поясах.



Рис. 3. Полевые исследования в дубравах на Южном Урале. 1963 г.

На протяжении всей жизни П. Л. Горчаковский большое внимание уделял вопросам исторической фитогеографии Урала. Еще работая в Лесотехническом институте, он подготовил монографию «История развития растительности Урала», которая была издана впервые в 1949-м и повторно в 1952 году. Наиболее полно его взгляды на происхождение флоры и растительности Урала изложены в монографии 1969 года «Основные проблемы исторической фитогеографии Урала». П. Л. Горчаковский проявлял большой интерес к закономерностям распространения растений неморального комплекса на Урале и в Приуралье (рис. 4), эти исследования послужили основой монографий: «Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала» (1968) и «Широколиственные леса и их место в растительном покрове Южного Урала» (1972). В более позднее время его интересовали вопросы изучения современных процессов в развитии растительного мира Урала. Им была сформулирована оригинальная концепция синантропизации растительного покрова как стратегии его адаптации к условиям среды, измененным в результате деятельности человека. Предложена оригинальная методика оценки уровня синантропизации по доле участия синантропных видов в составе растительного сообщества, и выявлены закономерности трансформации разных типов растительных сообществ. Результаты этих исследований нашли отражение в монографиях «Лесные оазисы Казахского мелкосопочника» (1987) и «Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов» (1999).

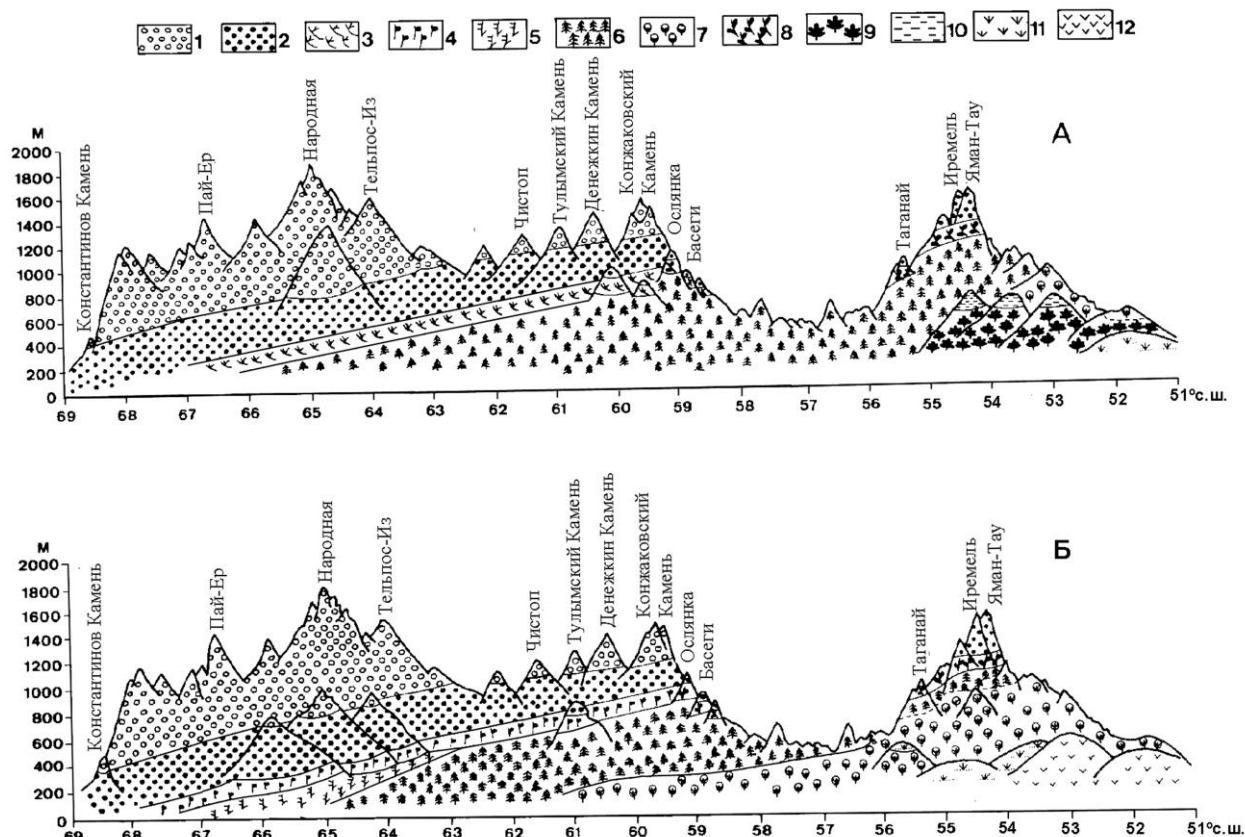


Рис. 4. Схема поясного распределения растительности в горах Урала

Под руководством П. Л. Горчаковского были составлены «Карта растительности Европейской части СССР» (1979), «Геоботаническая карта Нечерноземной зоны РСФСР» (1976), «Карта охраны растительности Нечерноземной зоны РСФСР» (1980). Многолетнее сотрудничество с зарубежными ботаниками завершилось созданием «Карты естественной растительности Европы» в масштабе 1:2 500 000 (2003), макет, легенда и пояснительный текст к которой по Уралу подготовлены П. Л. Горчаковским.

П. Л. Горчаковским была разработана методика построения фитоэкологических карт, отражающих состояние растительного покрова под влиянием деятельности человека и тенденции его изменения при разных уровнях антропогенных нагрузок. Коллективом под руководством П. Л. Горчаковского были созданы такие фитоэкологические карты как «Разновременные карты растительности (на примере Красноуфимской лесостепи)» (1987), «Фитоэкологическая карта Свердловской области» (1995), серия крупномасштабных фитоэкологических карт, отражающих современное состояние растительного покрова Ильменского заповедника (2005). П. Л. Горчаковского всегда интересовали вопросы рационального использования растительных ресурсов. Он руководил работами по детальному геоботаническому изучению кормовых угодий Среднего и Южного Урала, в ходе которых дана оценка сенокосов и пастбищ, составлена классификация лугов и степей, дана оценка их продуктивности, намечены мероприятия по улучшению и рациональному использованию. Огромный объем работ выполнен по оценке ресурсного потенциала оленьих пастбищ на Полярном Урале и Ямале его ученицами М. А. Магомедовой и Л. М. Морозовой (Полуостров Ямал..., 2006; Растительный покров..., 2006).

Велика заслуга П. Л. Горчаковского в обосновании необходимости фитомониторинга как подсистемы экологического мониторинга и разработке его теоретических и методических основ. Эти работы были развернуты Павлом Леонидовичем в Ильменском заповеднике: была проведена инвентаризация флоры, создана сеть эталонных участков для целей ботанического мониторинга. Основные результаты этой работы изложены в монографии «Фиторазнообразие Ильменского заповедника в системе охраны и мониторинга» (2005). Ильменский заповедник играл значимую роль в научной деятельности П. Л. Горчаковского, став научной базой для целого ряда исследований, затрагивающих различные аспекты изучения растительного покрова, часть из них легла в основу монографий: Горчаковский П. Л., Золотарева Н. В. «Реликтовая степная растительность Ильменских гор на Южном Урале» (2004); Исакова Н. А. «Видовое и синузальное разнообразие листостебельных мхов восточного склона Ильменских гор» (2009); Ивченко Т. Г. «Хорология болотных комплексов Ильменского заповедника и ее отображение на геоботанических картах» (2009).

Особое внимание Павел Леонидович уделял изучению фиторазнообразия и выявлению редких, нуждающихся в охране видов растений. Он считал, что организация мониторинга наиболее уязвимой части флоры (эндемики, реликты и т.д.) требует системного подхода, включающего унифицированную методику сбора информации, обработки и формализации, создания кадастра редких и исчезающих растений. Для Свердловской области это было сделано С. В. Баландиным, учеником П. Л. Горчаковского, в диссертации «Методические основы составления кадастра популяций редких и исчезающих видов растений (на примере Свердловской области)» (1995). Под руководством Павла Леонидовича была подготовлена первая в истории Урала монография «Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья» (1982) и первый академический «Определитель сосудистых растений Среднего Урала» (1994). Неоценима роль П. Л. Горчаковского и в разработке научных основ охраны генетических ресурсов и ценофона растительного мира – он был научным руководителем работ по подготовке Красных книг РСФСР (1988), Среднего Урала (1996), Ямало-Ненецкого автономного округа (1997), Челябинской (2005) и Свердловской (2008) областей.

Будучи глубоко образованным, эрудированным во многих областях знаний ученым, владеющим в совершенстве тремя европейскими языками, Павел Леонидович участвовал в многочисленных международных конгрессах, конференциях, читал лекции в университетах Австрии, Франции, Германии, Италии, Швейцарии, Польши, Чехословакии. Был избран членом Международного союза фитоценологов (International Association for Vegetation Science) (рис. 5). В Уральском лесотехническом институте и Уральском государственном университете он читал курсы по морфологии и систематике растений, дендрологии, дарвинизму, географии растений, геоботанике. С момента создания журнала «Экология» (1970) П. Л. Горчаковский был членом редколлегии этого авторитетного издания, входил в состав редколлегии «Ботанического журнала», был членом редакционно-издательского совета и Объединенного ученого совета по биологическим наукам при УрО РАН. В 1950 г. он организовал Свердловское отделение Всесоюзного ботанического общества (сейчас – Екатеринбургское отделение Русского ботанического общества) и возглавлял его до 2007 г. Многие годы Павел Леонидович был заместителем председателя Диссертационного совета при ИЭРиЖ УрО РАН.



Рис. 5. Во время экскурсии в австрийские Альпы. 1967 г.

П. Л. Горчаковский – основатель уральской фитоэкологической школы, в числе его непосредственных учеников 14 докторов и более 50 кандидатов наук (рис. 6). За развитие научных исследований и подготовку научных кадров в 1981 г. П. Л. Горчаковскому было присвоено почетное звание Заслуженного деятеля науки РСФСР, в 1990 году он был избран членом-корреспондентом АН СССР, а в 1994 – действительным членом (академиком) Российской академии наук. В 1999 году Павел Леонидович награжден орденом «Знак Почета». Заслуги П. Л. Горчаковского в изучении горной растительности отмечены на картах Урала: одна из горных вершин Приполярного Урала носит его имя – «Гора Горчаковского». В его честь названы несколько видов растений: манжетка Горчаковского (*Alchemilla gortschakowskii* Juz.), астрагал Горчаковского (*Astragalus gorczakovskii* L.Vassil.) и ястребинка Горчаковского (*Hieracium gorczakovskii* Schljak.).

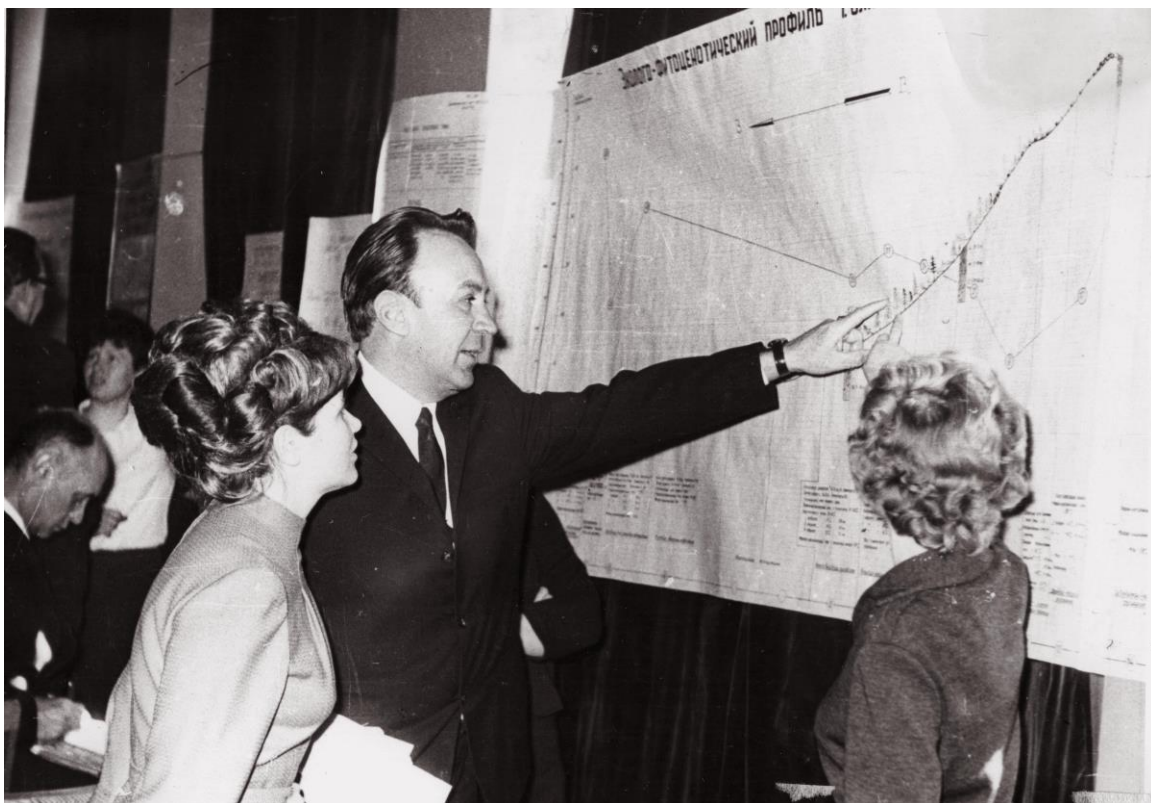


Рис. 6. Во время обсуждения доклада. Симпозиум по изучению, рациональному использованию и охране воспроизводимых природных ресурсов Крайнего Севера СССР. 1970 г.



Рис. 7. Лаборатория экологии растений и геоботаники. 1983 г.

В 2001 году за серию работ по экологии растений и геоботанике П. Л. Горчаковский был удостоен премии РАН имени В. Н. Сукачева (рис. 8). Этой наградой Павел Леонидович очень гордился: *«Это не просто очередная награда, она имеет символическое значение. С именем В. Н. Сукачева связана вся моя творческая жизнь, начиная со студенческих лет. Его труды, его замечательные личные качества оказали на меня огромное влияние. Он был моим Учителем и возлагал на меня большие надежды; хочется верить, что я их оправдал».*

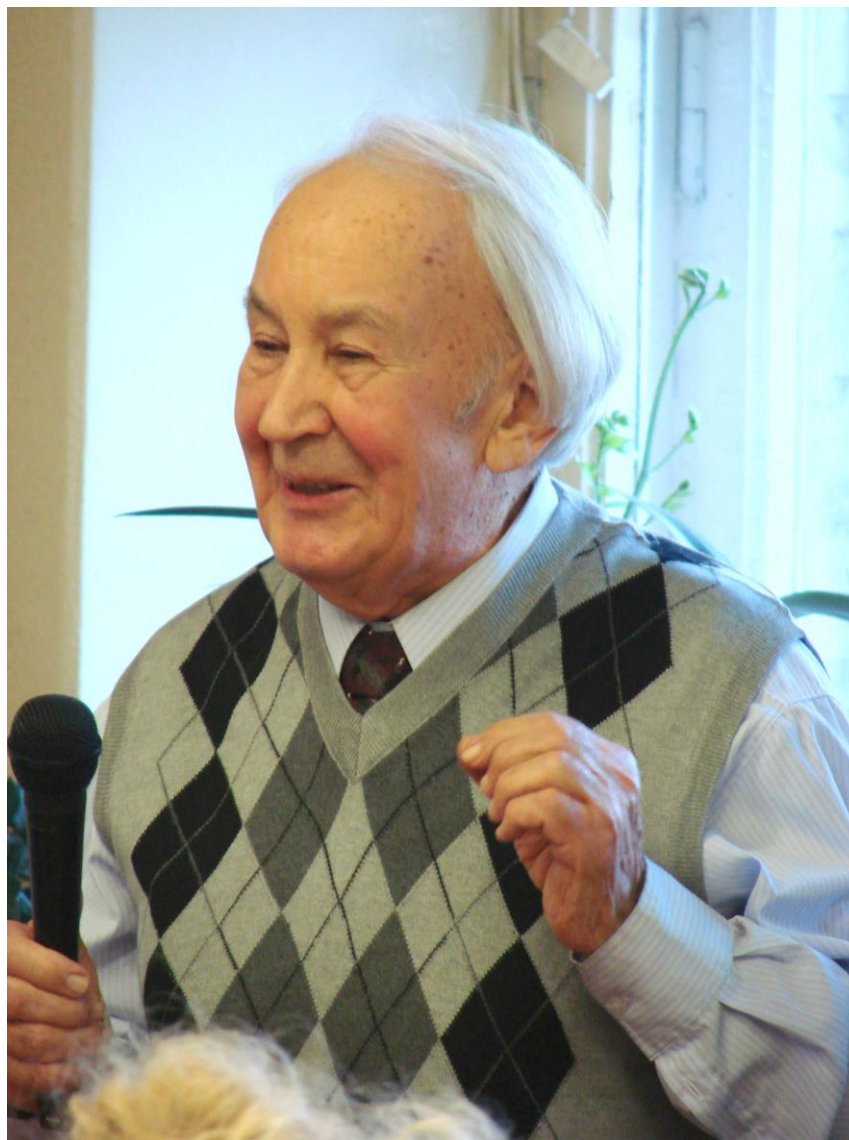


Рис. 8. На банкете по поводу вручения П. Л. Горчаковскому премии им. В. Н. Сукачева. 2001 г.

Литература

- Баландин С. В. Методические основы составления кадастра популяций редких и исчезающих видов растений: (на примере Свердл. обл.). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1995. 16 с.
- Большаков В. Н. Пути приспособления мелких млекопитающих к горным условиям. М.: Наука, 1972. 198 с.
- Горчаковский П. Л. Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов. Екатеринбург, 1999. 156 с.
- Горчаковский П. Л. Золотарева Н. В. Реликтовая степная растительность Ильменских гор на Южном Урале. Екатеринбург: Голицкий, 2004. 117 с.
- Горчаковский П. Л. История развития растительности Урала. 2-е изд., испр. и доп. Свердловск: Свердловгиз, 1952. 144 с.
- Горчаковский П. Л. История развития растительности Урала. Свердловск: Свердловгиз, 1949. 100 с.
- Горчаковский П. Л. Лесные оазисы Казахского мелкосопочника / АН СССР УНЦ, Ин-т экологии растений и животных. М.: Наука, 1987. 160 с.
- Горчаковский П. Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала. Свердловск, 1969. 286 с. (Тр. АН СССР. Урал. фил. Ин-т экологии растений и животных. Вып. 66).
- Горчаковский П. Л. Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала. Свердловск, 1968. 207 с.
- Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 283 с.
- Горчаковский П. Л. Флора и растительность высокогорий Урала. Свердловск, 1966. 270 с. (Тр. АН СССР. Урал. фил. Ин-т биологии. Вып. 48).
- Горчаковский П. Л. Широколиственные леса и их место в растительном покрове Южного Урала. М.: Наука, 1972. 146 с.
- Горчаковский П. Л., Золотарева Н. В., Коротеева Е. В., Подгаевская Е. Н. Фиторазнообразие Ильменского заповедника в системе охраны и мониторинга. Екатеринбург: Голицкий, 2005. 192 с.
- Горчаковский П. Л., Шиятов С. Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 209 с.
- Горчаковский П. Л., Шурова Е. А. Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья. М.: Наука, 1982. 207 с.
- Ивченко Т. Г. Хорология болотных комплексов Ильменского заповедника и ее отображение на геоботанических картах. Челябинск: Энциклопедия, 2009. 144 с.
- Исакова Н. А. Видовое и синузальное разнообразие листостебельных мхов восточного склона Ильменских гор. Миасс-Екатеринбург, 2009. 128 с.
- Карта растительности Европейской части СССР / АН СССР. Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. 1:2 500 000. М.: ГУГК, 1979.
- Красная книга РСФСР: растения. М.: Росагропромиздат, 1988. 590 с.
- Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: Баско, 2008. 254 с.
- Красная книга Среднего Урала: Свердловская и Пермская области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1996. 277 с.
- Красная книга Челябинской области: животные, растения. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 448 с.
- Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа: Животные, растения, грибы. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. 240 с.
- Нечерноземная зона РСФСР: Геоботан. карта / АН СССР Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова. 1:1 500 000. М.: ГУГК, 1976.
- Никонова Н. Н., Фамелис Т. В., Шарафутдинов М. И. Разновременные карты растительности (на примере Красноуфимской лесостепи) // Геоботаническое картографирование. Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1987. С. 26–39.
- Определитель сосудистых растений Среднего Урала. М.: Наука, 1994. 525 с.
- Полуостров Ямал: растительный покров. Тюмень: Сити-пресс, 2006. 359 с.
- Растительный покров и растительные ресурсы Полярного Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2006. 792 с.
- Урал и Приуралье. М.: Наука, 1968. 459 с. (сер. Природные условия и естественные ресурсы СССР).
- Фитозокологическая карта Свердловской области / РАН. УрО, Ин-т экологии растений и животных. 1:150 000. Екатеринбург: Урал. геологосъемоч. экспедиция, 1995.
- Gebirge der Erde: Landschaft, Klima, Pflanzenwelt / Gesamted. C. A. Burga. Stuttgart: Ulmer, 2004. 504 p.
- Karte der natürlichen Vegetation Europas = Map of the Natural Vegetation of Europe. Maßstab / Scale 1:2 500 000. Erläuterungstext / Explanatory Text / Bundesamt für Naturschutz / Federal Agency for Nature Conservation. Bonn, Germany, 2003. 655 p.+ XIV. In collab.: P. Gorcakovskij et al.

НАУЧНАЯ И ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ П. Л. ГОРЧАКОВСКОГО В УРАЛЬСКОМ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Залесов С. В.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL ACTIVITY OF P. L. GORCHAKOVSKY IN THE URAL FORESTRY INSTITUTE

Zalesov S. V.

Ural State Forestry University, Ekaterinburg, Russia

Corresponding e-mail: zalesov@usfeu.ru

Славу и гордость любого учебного заведения составляют его учителя и ученики. За 90-летнюю историю Уральского лесотехнического института (ныне Уральский государственный лесотехнический университет) в нем работало много талантливых ученых-педагогов, давших путевку в жизнь тысячам молодых специалистов. Среди этих ученых одно из ведущих мест по праву принадлежит доктору биологических наук, профессору, академику РАН, заслуженному деятелю науки Российской Федерации Павлу Леонидовичу Горчаковскому.

Павел Леонидович за свою жизнь написал большое количество работ, имеющих огромное научное значение и получивших признание далеко за пределами нашей родины, а также подготовил много учеников. Не беря на себя смелость анализа научной деятельности Павла Леонидовича в целом, остановлюсь лишь на периоде, когда он работал в Уральском лесотехническом институте.

Окончив в 1940 г. с отличием лесохозяйственный факультет Сибирского лесотехнического института по специальности «Лесное хозяйство», молодой инженер работал до января 1943 г. научным сотрудником Сибирского научно-исследовательского института лесного хозяйства и лесозаготовки НКЛ СССР. С 1943-го по 1944 г. Павел Леонидович Горчаковский работает старшим инженером государственного лесопромышленного треста Иркуттранлес, а с января по август 1945 г. научным сотрудником Биолого-географического института Иркутского государственного университета.

Еще обучаясь в Сибирском лесотехническом институте, Павел Леонидович работал научно-техническим сотрудником Сибирского научно-исследовательского института лесного хозяйства и лесозаготовки НКЛ СССР. Он участвовал в ряде научных экспедиций в различные районы Западной Сибири. Позднее он продолжил свои исследования по научным темам «Исследование ассоциаций сосновых лесов Приобья», «Геоботаническое изучение березовых лесов бассейна р. Чулыма», «Изучение ассоциаций, флористических особенностей и плодоношения пихтовых лесов Восточного Саяна» и др. Проведенные исследования позволили ему 29 июня 1945 г. в Иркутском государственном университете им. А. А. Жданова успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук на тему «Фитоценотический строй и флористические особенности пихтовых лесов Восточного Саяна».

В связи с защитой кандидатской диссертации П. Л. Горчаковский 23 августа 1945 г. был командирован Главным управлением учебных заведений Наркомлеса СССР на работу в Уральский лесотехнический институт (УЛТИ) и с сентября того же года приступил к работе в должности временно исполняющего обязанности заведующего кафедрой биологических наук. Именно с Уральским лесотехническим институтом связана наиболее важная, в

творческом плане, часть жизни Павла Леонидовича. Он организывает экспедиционные исследования на Приполярный, Северный, Средний и Южный Урал, активно привлекая к участию в научных экспедициях наиболее талантливых студентов. При этом в качестве основного направления исследований им выбирается изучение высокогорной растительности Урала.

Кроме того, П. Л. Горчаковский совершает ряд научных экспедиций в Западную Сибирь (Нарым, Приобье, Кулундинская степь) и другие малоизученные в ботаническом отношении регионы СССР. За первые 5 лет работы в УЛТИ им подготовлено 17 научно-исследовательских работ, 14 из которых опубликовано в изданиях Академии наук и местных изданиях. Среди опубликованных работ можно назвать монографию «История развития растительности Урала» (1949), доработанную и переизданную в 1952 г. Указанная работа является результатом исследований П. Л. Горчаковского по истории формирования растительного покрова Урала.

24 января 1948 г. ВАК при Министерстве высшего образования СССР утвердила П. Л. Горчаковского в ученое звание доцента по кафедре «Биологические науки».

Помимо основной работы Павел Леонидович активно участвует в общественной жизни. Так, в 1950 г. он являлся заместителем председателя УрО Всероссийского географического общества, членом президиума Свердловского отделения Всероссийского общества охраны природы, заместителем председателя президиума Свердловского отделения Всероссийского ботанического общества.

Однако основное внимание в своей работе П. Л. Горчаковский уделяет научной работе. Он устанавливает состав высокогорной флоры, прослеживает основные закономерности распределения растительных сообществ, их динамику, разрабатывает классификации высокогорных лесов, лугов, тундр, гольцовых пустынь, показателей водоохранной и почвозащитной роли лесов на их верхнем пределе, намечает пути рационального использования растительных ресурсов.

В 1949 г. Павел Леонидович прослушал цикл лекций на Всесоюзных курсах по переподготовке преподавателей дарвинизма и генетики при Московском государственном университете, а в сентябре 1950 г. зачислен в докторантуру Института леса Академии наук СССР без отрыва от производства. Научным консультантом по диссертационной работе Павла Леонидовича назначается академик В. Н. Сукачев.

31 октября 1953 г. по итогам защиты в Институте леса АН СССР (Москва) диссертации на тему «Растительность верхних поясов гор Урала», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук, П. Л. Горчаковскому ВАК Министерства культуры СССР была присуждена искомая ученая степень.

3 апреля 1954 г. решением ВАК при Министерстве высшего образования П. Л. Горчаковский был утвержден в ученое звание профессора по кафедре ботаники и дендрологии.

Характерными чертами П. Л. Горчаковского являлись целеустремленность, нежелание заниматься несвойственной ему деятельностью и сопротивление всякого вида насилию. В качестве примера последнего можно привести один эпизод из периода его работы в УЛТИ. 1 апреля 1953 г. приказом директора института П. Л. Горчаковский до конца учебного года был назначен временно исполняющим обязанности декана факультета лесного хозяйства. Однако уже 1 июня 1953 г. Павел Леонидович в своей служебной записке директору УЛТИ Г. Ф. Рыжкову отмечает, что он был назначен исполняющим обязанности декана лесохозяйственного факультета, несмотря на его возражения и протесты, временно, до конца учебного года. Руководство института заверяло его, что по окончании учебного года он будет беспрепятственно освобожден от временно возложенных обязательств декана и заменен другим работником.

Далее П. Л. Горчаковский пишет: «Приступив в порядке выполнения приказа директора института к работе в деканате, я вскоре убедился, что не могу должным образом обеспечивать руководство факультетом. В свое время я заявлял дирекции, что считаю себя неспособным к административной работе, да и не желаю заниматься ею по совместительству, в ущерб моей основной работе и.о. заведующего кафедрой.

Во избежание развала работы на факультете прошу как можно скорее освободить меня от обязанностей врио декана и заменить более подходящим работником. Ставлю Вас в известность, что в случае, если Вы не сочтете возможным досрочно освободить меня, я считаю себя с 30 июня 1953 г., в соответствии с приказом по УЛТИ от 1 апреля 1953 г., освобожденным от временного исполнения обязанностей декана.

Я не даю согласия выполнять в институте административную работу по совместительству и решительно заявляю, что не буду заниматься ею и впредь. Если дирекцию института не устраивает такое мое законное требование, прошу освободить меня от работы в УЛТИ».

Полагаю, что вряд ли следует комментировать данную служебную записку. Сколько вакансий образовалось бы в высших учебных заведениях, если бы чиновники уровня декана и выше столь требовательно относились к себе при назначении на должность. А если бы примеру П. Л. Горчаковского последовали чиновники ведомств, министерств и так далее? Но, полагаю, это уже из серии фантастика.

От себя добавлю только одно. Служебная записка была написана не сегодня, когда каждый может писать и говорить, что думает, а в 1953 г., когда последствия могли быть самыми различными.

Работая в УЛТИ, Павел Леонидович Горчаковский был примером организатора учебного процесса в сочетании с научными исследованиями. При возглавляемой им кафедре было создано и активно функционировало студенческое научное общество. Члены общества участвовали в научных экспедициях, собирали гербарии, анализировали полевые материалы, готовили публикации и доклады. Так, в частности, студент лесохозяйственного факультета, ныне доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации Степан Григорьевич Шиятов принял участие в научных экспедициях на гору Сабля в 1954 г., на горы Манарага и Народная в 1955 г., на гору Конжаковский Камень в 1956 г. Участие в экспедициях способствовало развитию интереса у студентов к изучению высокогорной растительности. С. Г. Шиятов по итогам исследований подготовил дипломную работу, посвященную анализу состава и структуры редколесий и криволесий, а также закономерностям их высотного распространения в пределах Кытлымского горного узла. Позднее, в 1959 г., С. Г. Шиятов поступил в очную аспирантуру, где под руководством П. Л. Горчаковского защитил кандидатскую диссертацию на тему «Динамика верхней границы леса на восточном склоне Полярного Урала (бассейн реки Соби)».

С. Г. Шиятов является лишь одним из многих примеров реальной педагогической работы П. Л. Горчаковского в УЛТИ.

Успехи, достигнутые П. Л. Горчаковским в период работы в УЛТИ, не могли быть незамеченными научным сообществом. В результате 3 апреля 1959 г. Павел Леонидович на заседании Ученого совета Института биологии Уральского филиала Академии наук СССР был избран по конкурсу на должность заведующего лабораторией ботаники Института биологии Уральского филиала Академии наук.

25 мая 1959 г. приказом директора УЛТИ № 110 заведующий кафедрой ботаники и дендрологии П. Л. Горчаковский был освобожден от занимаемой должности в связи с переходом на другую работу.

Таким образом, за период работы в УЛТИ П. Л. Горчаковский сформировался как выдающийся ученый-геоботаник. Им написаны и опубликованы крупные работы по истории развития растительности Урала и растительности верхних поясов гор Урала. В период

работы в УЛТИ он защитил докторскую диссертацию и утвержден в ученых званиях доцента по кафедре биологических наук и профессора по кафедре ботаники и дендрологии. В научных экспедициях собран уникальный материал, который лег в основу капитальных трудов П. Л. Горчаковского, опубликованных в период его работы в Институте биологии УФ АН СССР и Институте экологии растений и животных.

В знак уважения и благодарности выдающемуся ученому Ученый совет Уральского государственного лесотехнического университета на заседании, состоявшемся 17 марта 2005 г., присвоил Павлу Леонидовичу Горчаковскому звание «Почетный профессор УГЛТУ».

**ИССЛЕДОВАНИЯ П. Л. ГОРЧАКОВСКОГО
В РАЙОНЕ САБЛИНСКОГО ХРЕБТА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ) В 1954 ГОДУ**

Шубница Е. И.¹, Шиятов С. Г.², Григорьев А. А.², Моисеев П. А.²

¹*Национальный парк «Югыд ва», Вуктыл, Россия*

²*Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

**RESEARCHES OF P. L. GORCHAKOVSKY IN THE AREA
OF SABLYA MOUNTAIN RANGE (SUBPOLAR URALS) IN 1954**

Shubnitsina E. I.¹, Shiyatov S. G.², Grigoriev A. A.², Moiseev P. A.²

¹*“Yugyd va” National Park, Vuktyl, Russia*

Corresponding e-mail: shub07@yandex.ru

²*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: grigoriev.a.a@ipae.uran.ru, stepan@ipae.uran.ru

Summary: the article highlights the progress of the expedition of prof. P. L. Gorchakovsky to the Saber ridge in the Subpolar Urals in 1954. Traced expedition route by dates. A review of the information published by Gorchakovsky on the basis of research is given. It is shown how, based on materials from the 1954 expedition, modern scientists record climate change by monitoring the dynamics of vegetation on the western slope of the Subpolar Urals.

Keywords: Pavel Gorchakovsky, expedition, 1954, Subpolar Urals, Saber ridge, alpine relief, alpine vegetation, climate change, forest border

Горный массив Сабля – один из самых известных хребтов Приполярного Урала. Он резко «отступает» от основного Уральского хребта к западу, простираясь в меридиональном направлении почти на 30 км. На широком – до 12 км – «пьедестале» поднимается крутой гребень с рядом острых вершин. К западу от хребта простирается Припечорская низменность. Обособленное положение массива, большая высота и причудливое очертание пиков издавна привлекало к нему исследователей. Сабля хорошо видна не только с р. Печоры, но даже из окон поездов Северной железной дороги, т.е. почти за 100 км.

Саблинский горный узел расположен в месте излома простираения Уральского горного хребта, меняющего здесь свое меридиональное простираение на северо-восточное.

Район Саблинского массива всегда был известен суровым климатом – обилием осадков, высотой снежного покрова, что объясняли влиянием задерживаемых хребтом северо-западных воздушных масс. Так, К. Д. Носилов еще в 1884 г. отмечал, что высота снежного покрова в районе Сабли достигает 18 четвертей (3.20 м), тогда как на Щекуринском перевале – в среднем 8 (1.40 м), максимум 14 четвертей (2.50 м). «Это зависит от расположения г. Сабли, которая своими пиками сдерживает западные снежные облака, которые сбрасывают снег у ее подошвы или между ею и хребтом» (Носилов, 2012).

Западный и восточный склоны Саблинского хребта морфологически совершенно различны. Восточный, с крутыми (до 60°) склонами, глубоко врезанными долинами ручьев с крутыми бортами, отвесными стенами-карами с ледниками и снежниками, каровыми и моренными озерами – практически недоступен для восхождения. Западный склон, со

стороны Припечорской низменности – более пологий (до 30°) и доступный, до высоты примерно 600 метров покрыт лиственничным лесом (Чернов, 1974).

В июле 1954 г. Саблинский хребет исследовала экспедиция профессора П. Л. Горчаковского – известного российского геоботаника, впоследствии академика РАН. Кроме самого Павла Леонидовича, в ней были два студента, перешедшие на 3-й курс лесохозяйственного факультета Уральского лесотехнического института – Степан Шиятов и Петр Чирков. Это была первая экспедиция будущего доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, создателя Лаборатории дендрохронологии Института экологии растений и животных УрО РАН Степана Григорьевича Шиятова.

Маршрут экспедиции начался в печорской деревне Аранец. Здесь нашли проводника: Куприян Иванович Шахтаров, коми по национальности, был инвалидом Первой мировой войны – правая нога его до колена была деревянной.

10 июля экспедиция вышла из села Аранец на Печоре по Сибиряковскому (Аранецкому) тракту. От Аранца до Саблинского хребта – около 60 км по болотам. Шли тяжело, лошадь с волокушей приходилось постоянно вытаскивать из топей. В первый день дошли до ручья Вертный, в 16 км выше устья поставили лагерь. А проснувшись наутро, обнаружили, что выделенная колхозом кобыла ночью ожеребилась. Проводнику пришлось вести ее с жеребенком обратно в Аранец; на следующий день он вернулся с меринком.

К Саблинскому хребту подошли 14 июля. Под западным склоном Сабли, в верховьях одного из правых притоков р. Лунвож-Сыня поставили базовый лагерь, откуда совершали радиальные маршруты. У Павла Леонидовича была немецкая фотокамера с набором цейссовской оптики, он много фотографировал – преимущественно горные ландшафты: луга, лиственничные редколесья, озера и ледники. Всего в фотоархиве П. Л. Горчаковского сохранилось около сотни снимков из этой экспедиции.

Экспедиция провела у Сабли 6 дней. Первые 2 дня исследовали западный склон хребта. 15 июля поднялись к каровому озеру, затем на главную вершину Сабли. 16 июля совершили выход к южной оконечности хребта, на Аранецкий перевал.

17, 18 и 19 июля группа совершала радиальные выходы на восточный склон хребта: к озерам, снежникам, леднику Гофмана. По возвращении в лагерь в последний день, 19 июля, обнаружили, что оторвался и убежал домой мерин; пришлось на сутки задержать выход в обратный путь, пока проводник ходил за ним в Аранец.

Вечером 19 июля произошло еще одно событие: к лагерю экспедиции вышла группа свердловских туристов под руководством Евгения Масленникова, совершавшая поход по маршруту Аранец–Сабля–Вангыр–Косью. В их группе в качестве ботаника была дипломантка Уральского лесотехнического института Людмила Благодарева, знакомая группе Горчаковского. Е. П. Масленников позже в одной из своих книг так описывал эту встречу: «... после нудного четырехдневного перехода по бесконечным аранцевским болотам вышли к подножию Сабли. Невдалеке увидели дым костра. Это лагерь профессора, доктора географических наук Горчаковского, нашего хорошего знакомого, рассказы которого о Приполярном Урале мы слушали еще в Свердловске. Профессор исследует ледник Гофмана». Туристы отправили с группой Горчаковского домой заболевшего участника (Масленников, 1961).

21 июля экспедиция Горчаковского отправилась обратно в Аранец.

По итогам экспедиции П. Л. Горчаковским в 1964 г. была опубликована статья «Растительность хребта Сабли на Приполярном Урале» (Горчаковский, 1964). В ней приведено подробное описание склонов Саблинского хребта, уделено особое внимание ледниковым формам рельефа – циркам, карам, моренам, озерам и озерным котловинам, валунам, самым сохранившимся ледникам. Подробно описаны ледник Гофмана, каровые озера восточного склона. Автор пишет, что климат в районе Сабли очень суров, даже по сравнению с более северными районами центральной, более возвышенной и целостной части

Приполярного Урала (горы Народная, Манарага, Колокольня и др.). Подтверждением этого являются не только ледники, снежники-перелетки и нивальные лужайки Сабли, но и более короткий вегетационный период у растений гольцовой части, а также более низкий уровень границы леса.

Суровый климат Саблинского хребта П. Л. Горчаковский объясняет влиянием западных и северо-западных ветров (атмосферная влага воздушных масс, задерживаемых хребтом, выпадает обильными осадками), а также крутизной склонов и различием в массивности гор.

В статье П. Л. Горчаковский пишет и о признаках изменения климатических условий на Сабле: «В настоящее время намечается постепенное, хотя и очень медленное, повышение верхнего предела леса и соответствующее смещение вверх границ растительных поясов».

В 2010 году – через 55 лет – сотрудниками Института экологии растений и животных УрО РАН А. А. Григорьевым и П. А. Моисеевым была организована экспедиция на хр. Сабля. Целью ее была реконструкция снимков 1954 года – поиск мест фотосъемки П. Л. Горчаковского, с фотографированием ландшафтов с тех же точек. Такие повторные снимки удалось получить в общей сложности с 40 точек. Сравнение разновременных ландшафтных фотоснимков показало, что на хребте Сабля наблюдается повсеместное продвижение древесной растительности выше в горы, вследствие чего происходит сокращение площадей, занятых растительными сообществами горных тундр (Григорьев и др., 2012).

Таким образом, фотоматериалы П. Л. Горчаковского 1954 г. позволили провести оценку реакции высокогорных лесных экосистем Приполярного Урала на современное изменение климата, а также легли в основу создания интернет-ориентированной базы данных разновременных ландшафтных фотоснимков высокогорий Урала. Этот необычный «народный» проект позволит обычному путешественнику с помощью метода повторного фотографирования проводить оценку климатогенной динамики растительности выше в горы на всем протяжении Уральских гор.

В 1984 г. вокруг Саблинского хребта был образован комплексный заказник «Сабля» – «с целью сохранения характерных для гор Приполярного Урала ландшафтов и уникальных гляциальных комплексов». В нем предполагалось сохранять «ненарушенные папоротниковые и высокотравные пихтово-еловые леса, лиственничники и насаждения из березы извилистой паркового типа, горные луга альпийского облика, редкие виды растений, богатый и разнообразный животный мир, в том числе виды, внесенные в Красную книгу... расположенные на минимальных в умеренных широтах гипсометрических уровнях ледники, живописные формы рельефа». Позже Саблинский заказник вошел в заповедную зону созданного в 1994 году Национального парка «Югыд ва».

В 1991 году одной из вершин Саблинского хребта было официально присвоено имя П. Л. Горчаковского (Рундквист, 1993). Это труднодоступный пик альпийских очертаний в средней части хребта, высотой 1 375 м, с крутыми склонами и скальными выходами. На северном и юго-западном склонах вершины в карах находятся карликовые ледники, с севера, юга и востока – несколько небольших каровых озер. Пик Горчаковского, как и вся средняя и северная часть Саблинского хребта, входит в заповедную зону Национального парка «Югыд ва», где разрешены только научные исследования.

Литература

- Горчаковский П. Л. Растительность хребта Сабли на Приполярном Урале // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л., 1958. Вып. 3. С. 95–127.
- Горчаковский П. Л. Фотоархив. Комментарии к каталогу фотопленок 1954 // Музей Института экологии растений и животных УрО РАН.

- Григорьев А. А., Моисеев П. А., Нагимов З. Я. Формирование древостоев в высокогорьях Приполярного Урала в условиях современного изменения климата: монография. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012.
- Масленников Е. П. По Уралу Приполярному // Зовут дороги дальние. Свердловск: Ср.-Ур. кн. изд-во, 1961. С. 12.
- Носилов К. Д. Изыскание проходов чрез Уральский хребет по вопросу соединения Обского и Печорского бассейнов железнодорожным путем. Доклад на заседании Императорского Русского Географического Общества в 1885 году (рукопись) // Охапкин Ю. Д. Зауральский странник. Материалы к биографии К. Д. Носилова. Екатеринбург: Банк культурной информации, 2012. С. 179.
- Рундквист Н. А. Сто дней на Урале. Ил. кн. альбом о спорт. экспедиции «Большой Урал-91». Екатеринбург: Баско, 1993. С. 41.
- Чернов Г. А. Туристские походы в Печорские Альпы. 3-е изд. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1974. С. 81.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC DIMENSIONS IN BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICE VALUATION

Acma B.

Anadolu University, Eskisehir, Turkey
ORCID: [0000-0001-9385-6649](https://orcid.org/0000-0001-9385-6649)

Corresponding e-mail: bacma@anadolu.edu.tr

Keywords: Ecological and Economic Dimensions, Biodiversity and Ecosystem Service, Economic Benefits of Biodiversity

Biodiversity and ecosystem service valuation nature provides human society with a vast diversity of benefits such as food, fibres, clean water, healthy soil and carbon capture and many more. Though our well-being is totally dependent upon the continued flow of these “ecosystem services”, they are predominantly public goods with no markets and no prices, so are rarely detected by our current economic compass. As a result, biodiversity is declining, our ecosystems are being continuously degraded and we, in turn, are suffering the consequences. The Economics of Ecosystems and Biodiversity, aims to promote a better understanding of the true economic value of ecosystem services and to offer economic tools that take proper account of this value.

Economic growth and the conversion of natural ecosystems to agricultural production will, of course, continue. We cannot – and should not – put a brake on the legitimate aspirations of countries and individuals for economic development. However, it is essential to ensure that such development takes proper account of the real value of natural ecosystems. This is central to both economic and environmental management. Findings on the cost of inaction suggest that, with a “business-as-usual” scenario, by 2050 we will be faced with serious consequences:

- 11 % of the natural areas remaining in 2000 could be lost, chiefly as a result of conversion for agriculture, the expansion of infrastructure, and climate change;
- almost 40 % of the land currently under low-impact forms of agriculture could be converted to intensive agricultural use, with further biodiversity losses;
- 60 % of coral reefs could be lost – even by 2030 – through fishing, pollution, diseases, invasive alien species and coral bleaching due to climate change.

The economic approach will be spatially specific and will build on our knowledge of how ecosystems function and deliver services. We will also examine how ecosystems and their associated services are likely to respond to particular policy actions. It will be essential to take account of the ethical issues and equity, and of the risks and uncertainty inherent in natural processes and human behavior. Most biodiversity and ecosystem benefits are public goods that have no price. There are different approaches for solving this problem. Notably, we can adopt policies that reward preservation of the flow of these public goods, or we can encourage “compliance markets” which attach tradable values to the supply or use of these services. One example is payments for ecosystem services (PES). These can create demand so as to correct the imbalances which harm biodiversity and impede sustainable development. Phase II will examine the investment case for PES, but also for other new and innovative instruments. New markets are already forming which support and reward biodiversity and ecosystem services. To be successful, they need the appropriate institutional infrastructure, incentives, financing and governance: in short, investment and resources. In the past, the state was often considered solely responsible for managing ecosystems. Now it is clear that markets can also play their part – often without drawing on public money. The fundamental requirement is to develop an economic yardstick that is more effective than GDP for assessing the performance of an economy. National accounting systems need to be

more inclusive in order to measure the significant human welfare benefits that ecosystems and biodiversity provide. By no longer ignoring these benefits, such systems would help policy makers adopt the right measures and design appropriate financing mechanisms for conservation. Countries, companies and individuals need to understand the real costs of using the Earth's natural capital and the consequences that policies and actions, individual or collective, have on the resilience and sustainability of natural ecosystems. We believe that policies which better reflect the true value of biodiversity and natural ecosystems will contribute to sustainable development by helping to secure the delivery of ecosystem goods and services, particularly food and water, in a transparent and socially equitable way. This will not only protect biodiversity, ecosystems and the associated ecosystem services, but will also improve the well-being of our present generation and the generations to come. If we are to achieve our highly ambitious goals we will need to draw on the knowledge, skills, and talent of countries, international bodies, academia, business and civil society from around the world. This paper aim to analyze how can be using natural resources without damaging of biodiversity as well as ecological. For this purpose, will be examined in biodiversity and ecosystem service valuation from ecological and economic Perspective. Firstly, we describe several that are already working in some countries and could be scaled up and/or replicated elsewhere. These examples come from many different fields, but they convey some common messages for developing the economics of ecosystems and biodiversity. Second, the four debate issues will be discussed:

- The boundary between ecosystems and economic systems: functions, services and benefits.
- The relationship between biodiversity and ecosystem services.
- Cultural Ecosystem Services.
- Economic and Social Value: Ecosystems as the basis of the Value Production Chain.

Moreover, a series of suggestions and strategies will be presented how should be international organizations, governments and non-governmental organizations have a key role to play in terms of capacity building and funding successfully.

Acknowledgements & funding

This project has supported by Anadolu University as special science project. This paper some part of the Project but not completed yet.

References

- Antle J. M., Heidebrink G. Environment and development: theory and international evidence // *Economic Development and Cultural Change*. 1995. V. 43 (3).
- Bann C. An Economic Analysis of Tropical Forest Land Use Options, Ratanakiri Province, Cambodia: Economy and Environment Program for Southeast Asia. International Development Research Centre, 1997.
- Barbier E. B. Rethinking Economic Recovery: A Global Green New Deal? United Nations Environment Programme, 2009.
- Barbier E. B. Valuing Ecosystem Services as Productive Inputs // *Economic Policy*. 2007. V. 22 (49).
- Bowles I. A., Prickett G. T., Skoczlas A. E. Footprints in the Jungle: Natural Resource Industries, Infrastructure, and Biodiversity Conservation. Oxford University Press, 2000.
- Dasgupta P. Human Well-Being and the Natural Environment. Oxford University Press, 2001.
- Marchetti M. P., Moyle P. B. Protecting Life on Earth: An Introduction to the Science of Conservation. University of California Press, 2010.
- Pearce D. W. Economics and biodiversity conservation in the developing world // *Environment and Development Economics*. Cambridge University Press, 1999. P. 203–236.
- Perrings Ch., Folke C., Mäler K.-G. The ecology and economics of biodiversity loss: The research agenda // *Ambio*. 1992. V. 21 (3). P. 201–211.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF FORESTS AND FORESTRY

Altaev A. A.², Rupyshev Y. A.^{1,2}, Konovalova E. V.², Sodboeva S. Ch.²

¹*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
ORCID: [0000-0003-2305-7889](https://orcid.org/0000-0003-2305-7889)*

²*Buryat State Agriculture Academy by V. R. Philippov, Ulan-Ude, Russia*

Corresponding e-mail: rupyshev@mail.ru

Summary: information technology is a set of methods and tools used to collect, store, process and disseminate information. The current state of forestry informatization allows us to hope for a quick and widespread implementation of geographic information programs for production facilities. Information technologies make it possible to increase the effectiveness of the environmental and economic functions of forestry several times due to the ability to quickly and error-free process large amounts of information, obtain analytical statistics on the forest fund, process and design forestry measures over large areas in the shortest possible time.

Keywords: information technology, forest, forestry

The informatization of forestry allows the widespread introduction of geographic information programs for production facilities, increasing the effectiveness of environmental and economic measures, thanks to the ability to quickly and without errors process large amounts of information and design forestry measures over large areas, and obtain analytical statistics on the forest fund. All participants in the forest sector, from the end user of forest resources to the state forest management bodies, are interested in the development of information technologies in forestry. The purpose of the study is to analyze the information technology used in forestry.

Materials and methods

In the course of the study, various published materials on the issue were studied. The use of software systems in forestry was analyzed: AIS GLR, LesGis, Lesfond, ArcGis, Excel, MapInfo, TopoL, QGIS. A comparison is made of the time spent manually and the execution of standard queries when using information technology.

Results and discussion

The transition to the use of geographic information systems (GIS) and the maintenance of databases (DB) of forest plots will make it possible to update information on forest management, quickly process taxation descriptions, analyze and make design decisions in a reasonable amount of time. Therefore, tenants with the development of information technology began to actively use GIS and databases in forestry. At present, in the Russian Federation there are no legally approved GIS technologies that comprehensively automate all stages and elements of the activities of forestry enterprises. Despite this, the implementation of GIS in the industry is carried out actively with an understanding of the need for these technologies. In all regions of the Russian Federation, different approaches to informatization of the forest sector are used, starting with the use of individual general-purpose software products ArcGis, Excel, QGIS, MapInfo and ending with the use of specialized software systems Lesfond, LesGis, TopoL.

Conclusion

The use of specialized software products by forest users and forestry's practically automates the preparation of documents required when using forests, excludes the re-entry of information into forestry databases, and ensures that they are kept up to date. The proposed solutions for the use of GIS in the forest industry have been tested by tenants and foresters. For the general implementation,

it remains to develop common standards, centralize the process, instruct foresters and tenants to make changes to the database of forest plots in the process of economic activity, and legislatively regulate the process of updating forest inventory materials based on a GIS and databases.

Acknowledgements & funding

Studies were carried out within the support of RFBR grant 17-29-05019.

THE ROLE OF FUNGAL CULTURE COLLECTIONS AND DATABASES TO STUDY AND PRESERVE MYCOBIODIVERSITY

Badalyan S. M., Gharibyan N. G.

*Laboratory of Fungal Biology and Biotechnology,
Yerevan State University, Yerevan, Armenia*

Corresponding e-mail: s.badalyan@ysu.am

Summary: Biological Resource Centers (BRC) involve Culture Collections (CC) and Databases (DB) of cultivable organisms. They are intended for preserving the genetic resources and making them available for fundamental and applied scientific research. The main goal of Fungal Culture Collection established at the Yerevan State University (FCC-YSU) is to carry out fundamental and applied research in the fields of fungal biodiversity, biology, biotechnology and biomedicine, as well as development of mushroom growing industry in Armenia. The Catalogue of FCC-YSU with Atlas of original micro- and macrophotos was published.

Creation of specialized collections of different groups of fungi will assist integration of research data to preserve their genetic resources for further usage in bio-industry and biomedicine.

Keywords: fungal collections, mushrooms, microfungi, biodiversity, biotechnology, bio-industry, genetic resources, preservation

Biological Resource Centers (BRC) of different living organisms constitute an essential part of the scientific and technological infrastructure of Life sciences, particularly biology, biotechnology and biomedicine. They are intended for preserving the genetic resources and making them available for fundamental and applied scientific research. The BRCs involve Culture Collections (CC) and Databases (DB) of cultivable organisms providing information relevant to these collections.

The establishment and maintenance of CC of different taxonomic groups of fungi are aimed at study of their biodiversity and preservation of genetic resources.

Macrofungi or mushrooms (phyla Basidiomycota and Ascomycota) are widely appreciated all over the world for their nutritional value and medicinal properties. They possess a high content of protein, unsaturated fatty acids, vitamins (B, C, D, K), minerals (K, P, Se), and substantial amount of dietary fibers. Modern scientific data has revealed that many mushroom species represent an unlimited source of bioactive compounds (polysaccharides, peptidoglycans, terpenoids, phenolics, etc.) and enzymes (proteolytic, ligninolytic, etc.) with different therapeutic effects (immune-stimulating, antitumor, antifungal, antibacterial, hypoglycemic, antioxidant, fibrinolytic, thrombolytic, etc.). Therefore, several biotechnologically cultivable macrofungi are used not only in the production of fruiting bodies, but also have a potential to develop novel health-enhancing biotech products (mycopharmaceuticals, nutraceuticals, nutraceuticals and cosmeceuticals) (Kües, Badalyan, 2017; Badalyan, Zambonelli, 2019; Badalyan et al., 2019a).

Thus, establishment of CC of different taxonomic and ecological groups of fungi is of valuable importance to study their biodiversity, biology and biotechnology, molecular taxonomy and phylogeny, as well as biogeography to reveal perspectives for their further usage in biotechnology, bio-industry and biomedicine.

The establishment of CC of macro- and microfungi in Armenia was initiated in 1982. The main goal of Fungal Culture Collection at the Yerevan State University (FCC-YSU) is to carry out fundamental and applied research at regional and international levels in the fields of fungal biodiversity, biology, biotechnology and biomedicine. It will also assist in the development of mushroom growing agricultural industry in Armenia. The Catalogue with Atlas of original micro- and macrophotos was recently published (Badalyan, Gharibyan, 2008, 2017; Badalyan et al., 2005,

2011). The Catalogue includes 580 strains of 180 species from 72 genera. Among them, around 490 strains of 120 species from 45 genera of Agaricomycetes fungi, 48 species and 315 strains possess medicinal properties, 29 species and 135 strains are edible and 5 species and 10 strains are poisonous. Four species (*Agaricus xanthodermus*, *Hericium erinaceum*, *Pleurotus eryngii*, *Volvariella bombycina*) were registered in the Red Book of Armenia. The FCC-YSU includes 38 species and 210 strains of genetically identified agaricomycetous cultures. Among them, 4 species and 51 strains (*Coprinopsis strossmayeri* – 21, *Coprinellus flocculosus* – 1, *Coprinellus aff. radians* I – 8, *Ganoderma adspersum* – 20 strains) were originally described for Armenian mycobiota (Badalyan et al., 2011, 2019b). The collections of *Flammulina velutipes*, *Pleurotus ostreatus*, coprini and polypore mushrooms are represented by a wide diversity of species/strains/isolates (Badalyan, Hughes, 2004). The species description of biotechnologically valuable edible and medicinal mushrooms, including characteristics of mycelia, fruiting bodies, resource value and distribution in Armenia is also given (Badalyan, Gharibyan, 2017).

The collection of microscopic fungi includes 89 strains of 57 species from 27 genera of phyla Ascomycota and Deuteromycota. Among them, 12 species and 41 strains are keratinophilic (geophilic) fungi, isolated from different types of Armenian soils, 15 species and 24 strains are phytopathogens and their antagonists (Badalyan et al., 2002). The collections of microscopic fungi assist the development of research in the fields of Medical mycology and Phytopathology in Armenia to develop of mushroom-based new antimycotic and antibacterial pharmaceuticals, as well as biocontrol agents.

The FCC-YSU assists ongoing research in the fields of fungal biology and biotechnology, molecular taxonomy and phylogeny in Armenia at local and international levels (Badalyan et al., 2011, 2015, 2019; Mukhin et al., 2018). The studies of mycelial morphology, anamorphs – asexual stage in the life cycle, growth and developmental processes in different species/groups of fungi were performed (Kües et al., 2016). Several mycelial and anamorphic characteristics with taxonomic significant were originally described, which can be useful for correct identification of fungal cultures during their biotechnological cultivation.

The growth conditions (temperature, medium composition, pH, etc.) for biotechnological cultivation of mycelia of perspective species/strains were revealed. The data on chemical composition (mono- and polysaccharides, phenolics, terpenoids, proteins, fatty acids, etc.) of mycelial and fruiting body extracts of selected mushrooms were reported (Badalyan, 2016). Medicinal properties (immune-modulating, cytotoxic, antifungal, antibacterial, antiviral, mitogenic/regenerative, fibrinolytic, thrombolytic, and antioxidant) of several agaricomycetous collections were screened and biotechnological potential was evaluated (Saltarelli et al., 2015).

The expansion of taxonomic, eco-geographical and genetic diversity of FCC-YSU is in progress. Creation of specialized collections of different groups of fungi will assist integration of research data to preserve their biodiversity, genetic resources for further usage in bio-industry and biomedicine.

Acknowledgements & funding

Authors are thankful to Science Committee of the Republic of Armenia, DAAD, NATO, ANSEF and other scientific organizations for financial support.

References

- Badalyan S. M. Fatty Acid Composition of Different Collections of Coprinoid Mushrooms (Agaricomycetes) and Their Nutritional and Medicinal Values // Int. J. Med. Mushrooms. 2016. V. 18. P. 883–893. DOI: [10.1615/intjmedmushrooms.v18.i10.40](https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.v18.i10.40)
- Badalyan S. M., Barkhudaryan A., Rapior S. Recent progress in research on the pharmacological potential of mushrooms and prospects for their clinical application // Medicinal Mushrooms – Recent Advances in Research and Development. Eds. D. Agrawal, M. Dhanasekaran. Singapore: Springer Nature, 2019a. P. 1–70.

- Badalyan S. M., Gharibyan N. G. Characteristics of mycelial structures of different fungal collections. Yerevan: YSU Press, 2017. 176 p.
- Badalyan S. M., Gharibyan N. G. Macroscopic Fungi from Central Part of Virahayotz Mountains' Forests of Armenia and Their Medicinal Properties. Yerevan: YSU Press, 2008. 65 p.
- Badalyan S. M., Gharibyan N. G., Iotti M., Zambonelli A. Morphological and ecological screening of different collections of medicinal white-rot bracket fungus *Ganoderma adspersum* (Schulzer) Donk (Agaricomycetes, Polyporales) // Italian J. Mycology. 2019b. V. 48. P. 1–15. DOI: [10.6092/issn.2531-7342/9092](https://doi.org/10.6092/issn.2531-7342/9092)
- Badalyan S. M., Hovsepyan R. A., Iotti M., Zambonelli A. On the presence of truffles in Armenia // Flora Mediterranea. 2005. V. 15. P. 683–692.
- Badalyan S. M., Hughes K. Genetic variability of *Flammulina velutipes* and *Pleurotus ostreatus* collections from Armenia // Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi. XVI ISMS Int. Congr. March 14–17, 2004, Miami, Florida, USA. P. 149–154.
- Badalyan S. M., Mouchacca J., Gevorkyan S. A. Keratinophilic fungi from Armenian soils. I information // Probl. Med. Mycology. 2002. V. 4. P. 39–42.
- Badalyan S. M., Shnyreva A. V., Iotti M., Zambonelli A. Genetic Resources and Mycelial Characteristics of Several Medicinal Polypore Mushrooms (Polyporales, Basidiomycetes) // Int. J. Med. Mushrooms. 2015. V. 17. P. 371–384. DOI: [10.1615/intjmedmushrooms.v17.i4.60](https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.v17.i4.60)
- Badalyan S. M., Szafranski K., Hoegger P., Navarro-González M., Majcherczyk A., Kües U. New Armenian wood-associated Coprinoid species: *Coprinopsis strossmayeri* and *Coprinellus aff radians* // Diversity. 2011. V. 3. P. 136–154. DOI: [10.3390/d3010136](https://doi.org/10.3390/d3010136)
- Badalyan S. M., Zambonelli A. Biotechnological exploitation of macrofungi for the production of food, pharmaceuticals and cosmeceuticals // Advances in Macrofungi: Diversity, Ecology and Biotechnology. Eds. K. R. Sridhar, S. K. Deshmukh. First Edition. Boca Raton: CRC Press, 2019. P. 199–230.
- Kües U., Badalyan S. M. Making use of genomic information to explore the biotechnological potential of medicinal mushrooms // Medicinal and Aromatic Plants of the World. Medicinal Plants and Fungi – Recent Advances in Research and Development. Eds. D. C. Agrawal, H.-S. Tsay, L.-F. Shyur, Y.-C. Wu, S.-Y. Wang. Singapore: Springer Nature, 2017. P. 397–458.
- Kües U., Badalyan S. M., Gießler A., Dörnte B. Asexual sporulation in Agaricomycetes // The Mycota. V. I: Growth, Differentiation and Sexuality. 3rd ed. Ed. J. Wendland. Springer-Verlag, 2016. P. 269–328.
- Mukhin V. A., Zhuykova E. V., Badalyan S. M. Genetic Variability of the Medicinal Tinder Bracket Polypore, *Fomes fomentarius* (Agaricomycetes) from the Asian Part of Russia // Int. J. Med. Mushrooms. 2018. V. 20. P. 561–568. DOI: [10.1615/IntJMedMushrooms.2018026278](https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018026278)
- Saltarelli R., Ceccaroli P., Buffalini M., Vallorani L., Casadei L., Zambonelli A., Iotti M., Badalyan S., Stocchi V. Biochemical characterization, antioxidant and antiproliferative activities of different *Ganoderma* collections // J. Mol. Microbiol. Biotechnol. 2015. V. 25. P. 16–25. DOI: [10.1159/000369212](https://doi.org/10.1159/000369212)

AGARICOID FUNGI DIVERSITY IN RUSSIA: EXPERIENCE AND RESULTS OF LITERATURE DATA COMPILATION

Bolshakov S. Yu.¹, Kalinina L. B.¹, Voronina E. Yu.², Palomozhnykh E. A.¹,
Potapov K. O.³, Filippova N. V.⁴, Shiryayeva O. S.⁵, Palamarchuk M. A.⁶

¹*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

³*Kazan Federal University, Kazan, Russia*

⁴*Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia*

⁵*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

⁶*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia*

РАЗНООБРАЗИЕ АГАРИКОИДНЫХ ГРИБОВ В РОССИИ: ОПЫТ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБОБЩЕНИЯ ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

Большаков С. Ю.¹, Калинина Л. Б.¹, Воронина Е. Ю.², Паломожных Е. А.¹,
Потапов К. О.³, Филиппова Н. В.⁴, Ширяева О. С.⁵, Паламарчук М. А.⁶

¹*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

²*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

³*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, Россия*

⁴*Югорский государственный университет,
Ханты-Мансийск, Россия*

⁵*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

⁶*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,
Сыктывкар, Россия*

Corresponding e-mail: s.bolshakov.ru@gmail.com

Summary: database summarizing 717 literary sources on the distribution of agaricoid fungi in Russia has been created using Google Sheets. All data were updated according to the current taxonomic status and geographic units. A checklist of 2926 species with synonymy and distribution in Russian regions has been prepared.

Keywords: fungal biodiversity, funga, Agaricomycetes, database, Google Sheets

At a time when the number of scientific publications on biodiversity is increasing year by year, it is extremely important to compile checklists that update the results of previous studies. In Russia, there are no up-to-date compilations summarizing information on fungal biodiversity for large geographic regions and the whole country. For fungi of the USSR and Russia no analogs of the Flora of the USSR do exist. Some works dealt only with certain taxonomic groups at family level at most. One of the largest and most prominent non-taxonomic groups of fungi is agaricoid (“mushrooms”), which performs the most important functions of decomposers and mycorrhizal

symbionts in terrestrial ecosystems. In addition, they are widely known to the people, and are associated with the word “mushrooms” in the mass consciousness.

Due to the development of information technologies that allow teamwork remotely in a unified data format, it has become possible to realize a large-scale project – the synthesis of primary information from existing publications (numerous, scattered and sometimes difficult to access) and the creation of a national check-list of agaricoid fungi on this basis. The information included allows: 1) to estimate the general number of agaricoid species registered from the territory of every Russian administrative region and the Federation in total; 2) to estimate spatial study coverage and subsequently reveal blank spots (unstudied, poor studied regions); 3) to provide researchers in the fields of mycogeography and fungal taxonomy with the information on species distribution through the checklist as well as the full references list.

The data sources were scientific publications containing information on agaricoid fungi distribution in Russia. The following steps were taken for appropriate publications selection: 1) issue archives of mycological journals mining; 2) analysis of Russian experts' profiles within scientific bibliography databases; 3) analysis of reference lists in the publications selected during two previous steps. Also, references were obtained from the historical overviews of regional botany and mycological research (Vassilkov, 1953; Levitskaya, 1995; Nukhimovskaya, Kovalenko, 2001; Mukhin, 2008; Volobuev, Bolshakov, 2016).

We selected 717 publications (journal articles, book sections, monographs) containing data on species distribution. Unpublished data presented in dissertations, nature reserve annals and research reports were not included. Early publications were used only in the case of distinct data lack and the absence of more recent summary reviews for certain regions. A library of these publications is organized in EndNote, most of the works are digitized.

The data collection process was carried out using Google Sheets (Bolshakov et al., 2017).

A flat database was organized, consisting of three main tables:

- In the main data table, information according to the Darwin Core standard was entered: scientificName, acceptedNameUsage, bibliographicCitation, stateProvince, county, locality, identificationRemarks;

- Taxonomic classifier including main fields scientificName, parentNameUsage, acceptedNameUsage, taxonomicStatus, nomenclaturalStatus. Drop-down lists were created with the help of this table for effective and precise data entry and validation of taxa names in the scientificName field of the data table. Using VLOOKUP() the current names from the acceptedNameUsage field were automatically substituted.

- The references table includes complete data on all sources (bibliographic references). The main fields are taken from the EndNote scheme, from where the transfer to this table was made.

To create the taxonomic classifier used in our project, we imported all taxa of Agaricomycetes class in Darwin Core Archive format by means of 4Life WP4 Download Service of the Catalogue of Life (limited data with synonyms). Imported data have been cleaned. Agaricomycetes taxonomy in the Catalogue of Life is based on the main international database of fungal taxa Index Fungorum. To clarify and update the records, queries were made to the latter. Only taxa of agaricoid fungi genera are left according to the largest modern summary for agaricoid fungi of all Northern Europe Funga Nordica (Knudsen, Vesterholt, 2012). In case of differences in synonymy and taxonomic status of individual taxa, the opinion of Funga Nordica authors was taken instead of Index Fungorum opinion. For species absent from Funga Nordica, Index Fungorum data and a number of current taxonomic works were used.

Misprints and mistakes in fungal binomials and authors' citation were not rare until the public nomenclature bases (such as Index Fungorum) came on the scene. Nomenclature control was performed, correcting mistakes in writing of authors of taxa: later homonyms, sanctioning of the name by Fries, isonyms, authors of rejected names, and others (Turland et al., 2018).

The administrative regions mentioned in the publications did not always match the current administrative division of Russia. Current administrative-territorial units were identified and recorded for entries with precise localities. In cases when it was not possible to determine localities within modern territories, broader regions (e.g. Leningrad Oblast with inclusion of St. Petersburg) or duplicated records (e.g. Voronezh Biosphere Reserve in Voronezh and Lipetsk Oblasts) were indicated.

Sources search, selection, and digitization, development of taxonomic classifier and data entry into the database took 30 months of work (since November 2016). Another 10 months (since February 2019) were spent to solving issues related to the interpretation of species that are absent in the original version of the taxonomic classifier, to clarify their current taxonomic status. Data cleaning, error detection and correction were carried out using OpenRefine tools.

As a result, the national database containing more than 80 thousand records and the updated taxonomic classifier with 7 thousand records was created. Storage and management of the resulting database is realized by means of Microsoft SQL Server 2016 on the server of the Botanical Institute of Russian Academy of Sciences.

A checklist of 2926 species with synonymy and distribution in Russian regions has been prepared, based on 717 scientific publications (up to 2019 inclusive). Information on the number of species and their distribution in the Russian regions has been integrated into a GIS system based on QGIS, thematic maps have been created.

The data obtained allow visualizing the study levels by region. More than 1 000 species are known in three most well studied regions: Primorsky Krai – 1 245 species, Krasnoyarsk Krai – 1 124 species and Leningrad Oblast – 1 118 species. Less than 100 species have been published for 22 regions, and for three of them 10 species are known to be less than 10: Republic of Dagestan – 2 species, Republic of Kalmykia – 3, Omsk Oblast – 4 species. There are absolutely no data on Republic of Ingushetia.

Thus, the “panoramic view” of the agaricoid fungi in the enormous territory of Eurasia was made for the first time. Further work on this project will focus on the analysis and publication of the data obtained in the public domain. In particular, the placement of data in GBIF will allow mycologists to access this information and find out fungi species have been revealed in Russia.

Acknowledgements & funding

This research was initiated with blessing Prof. Alexander E. Kovalenko. We are cordially grateful to our colleagues Salavat N. Arslanov, Dmitry A. Tomchin (Saint Petersburg Mycological Society), and Dmitry V. Ageev (mycology.su, Novosibirsk) for helping with data entry, as well as Olga V. Morozova, Ekaterina F. Malysheva, and Ivan V. Zmitrovich (Komarov Botanical Institute) for their helpful assistance in taxonomy issues resolving and valuable discussion. The research was partly supported by the Russian Foundation for Basic Researches, project No. 20-04-00349.

References

- Bolshakov S. Yu., Filippova N. V., Potapov K. O., Ageev D. V., Volobuev S. V. Google Spreadsheets as a basic tool for the management of biodiversity data // International Conference «The use of modern information technologies in botanical investigations». Apatity, Murmansk Province, March, 28–31, 2017: Abstracts. Apatity, 2017. P. 21–23.
- Index Fungorum – Search Page. URL: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
- Knudsen H., Vesterholt J. (eds.). Funga Nordica. Agaricoid, boletoid, clavarioid, cyphelloid and gastroid genera. Copenhagen: Nordsvamp, 2012. 1083 p.
- Levitskaya G. E. Studies of agarics in the middle zone of Russia // Mikologiya i fitopatologiya. 1995. V. 29. № 4. P. 70–78. (In Russian).
- Mukhin V. A. (ed.). Mycological studies in the Urals (bibliographic index of works performed at the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1945–2008). Yekaterinburg: Goshchitsky, 2008. 140 p. (In Russian).

- Nukhimovskaya Yu. D., Kovalenko A. E. Annotated bibliography and preliminary analysis of current knowledge of mycobiota in Russian zapovedniks // *Zapovednoye delo*. Issue 8. Ed. D. S. Pavlov. Moscow, 2001. P. 148–210. (In Russian).
- Turland N. et al. (eds.). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Glashütten: Koeltz Botanical Books, 2018. DOI: [10.12705/Code.2018](https://doi.org/10.12705/Code.2018)
- Vassilkov B. P. Pileate fungi study in the USSR. Ed. V. P. Savicz. Moscow, Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR, 1953. 191 p. (In Russian).
- Volobuev S. V., Bolshakov S. Yu. Aphyllophoroid fungi of the Middle Russian Upland. I. The history of study and some new data // *Mikologiya i fitopatologiya*. 2016. V. 50. № 6. P. 335–346. (In Russian).

DIGITIZATION AND MOBILIZATION OF BIODIVERSITY DATA IN NORTHERN WEST SIBERIA

Filippova N. V.¹, Filippov I. V.²

¹*Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia,
ORCID: [0000-0002-9506-0991](https://orcid.org/0000-0002-9506-0991)*

²*Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia*

ОЦИФРОВКА И МОБИЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ О БИОРАЗНООБРАЗИИ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Филиппова Н. В., Филиппов И. В.

Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

Corresponding e-mail: filippova.courlee.nina@gmail.com

Summary: the Yugra State University initiated a biodiversity data digitization and mobilization program in the Northern West Siberia. Biological collections are integrated into a common node using Specify software. Seven major organizations holding biological data in the region have been registered in GBIF and started data mobilization programs. YSU is holding seminars on data digitization and mobilization for biologists working in the region. The citizen-science based project was launched using iNaturalist to invite the broad community into the initiative. More information is available online at <https://nwsbios.org>.

Keywords: West Siberia, biodiversity data, digitization, mobilization

Biodiversity-related studies in the Northern West Siberia are relatively recent and develop in line with the ongoing intensive industrial development of the region. Biological collection in the relatively recently established universities and older nature reserves are few and were inaccessible online until recently. The inventory of biodiversity in the region was also conducted by institutions located in other regions and in capitals, with the collections of local specimens growing there since the beginning of 20th century.

The experience of digitization of biodiversity data and creating first information system in the region goes back to 2010. An information system for red-listed species records was developed through the Department of Natural Resources and Yugra state university collaborative effort. Another project was initiated by the Biological collection of Yugra State University. Its database was imported in Specify, a biodiversity data management system, and is available online (<http://bioportal.ugrasu.ru/>). Some of the region's Nature reserves had also started to digitize their collections.

The need for biodiversity data integration was recognized and discussed at several meetings on Biological collections management in Yugra, held in Khanty-Mansiysk (2015, 2017, 2019). In 2019 the meeting initiated a workshop organized by the Russian GBIF ambassadors community with presentation about the Global Biodiversity Information Facility and the national initiative on biodiversity data mobilization. The practical part of the course included workshops on data cleaning, Darwin Core standard, and practice on preparation of the dataset to publish in GBIF.

A new integrated initiative aimed to coordinate and facilitate the regional effort of biodiversity data mobilization started in 2019. The biological organizations and separate specialists curating some biodiversity data started development of a regional biodiversity data portal (<https://nwsbios.org>). The portal has several major components:

- Online-database of collections based on Specify software;

- Metadata of different sources of biodiversity information in the region, including GBIF accounts of registered organizations;
- Educational information for learning biodiversity data standards and publishing in GBIF;
- Citizen-science related projects;
- History and events of the initiative development.

The initiative includes the organization of workshops, online discussions and newsletters helping to reach potential biodiversity data holders and coordinate the effort (see more about the events at the web page <https://nwsbios.org/events>).

In 2019–2020, seven major organizations in Yugra had been registered and began uploading data to GBIF:

1. Государственный природный заповедник «Юганский» (Yuganskiy State Nature Reserve);
2. Государственный заповедник «Малая Сосьва» им. В. В. Раевского (Malaya Sosva State Nature Reserve);
3. Природный парк Кондинские озера им. Л. Ф. Сташкевича (Natural park «Kondinskies lakes» named after L. F. Stashkevich);
4. Биологическая коллекция Югорского государственного университета (Yugra State University Biological Collection);
5. Музей Природы и Человека (Museum of Nature and Man);
6. МАУ «Региональный историко-культурный и экологический центр» (Regional historical, cultural and ecological center);
7. Сургутский государственный университет (Surgut State University).

At present there are about 50 000 occurrences mobilized in GBIF from the Khanty-Mansi and Yamalo-Nenets regions. From these occurrences, two thirds are still published by the Yugra State University, with other regional organization catching up. Large part of the records (about 20 %) comes from digitization of the Moscow State University Herbarium. About 6 % are the results of iNaturalist Research Grade observations in the region, imported in GBIF.

We are looking forward for the program of biodiversity data mobilization development and significant results in the near future. The integrated data will provide new opportunities for biodiversity research and sustainable management of nature resources in the Northern West Siberia with its intensive industrial development over the recent decades.

AGROBIODIVERSITY IS AN ESSENTIAL COMPONENT OF ALL AGRICULTURAL AND ECOSYSTEMS OF GEORGIA

Nadiradze K.¹, Phirosmanashvili N.²

¹*Association for Farmers Rights Defense, Tbilisi, Georgia*

ORCID: [0000-0003-2084-262X](https://orcid.org/0000-0003-2084-262X)

²*Association for Farmers Rights Defense, Tbilisi, Georgia*

Corresponding e-mail: nadiradzekakha@gmail.com

Keywords: Georgia, agrobiodiversity, data collection, climate change, conservation

Agrobiodiversity is an essential component of all agricultural and ecosystems of Georgia and how climate change, degraded environment, over pollution and gene erosion affected the diversity of Endemic Breeds must be analyzed for further conservation activities in situ or ex-situ.

Very important to provide the best data analysis for getting timely information on which species are present or how their populations are changing within decades. Within some new technologies, for conservation, cryopreservation, using different digital technologies, has become a popular way to collect agrobiodiversity data.

However, data collection has increased at a much faster rate than the development of tools to manage, process and analyze these data. Without these tools, biodiversity conservation managers and other stakeholders have little information to effectively manage, understand and monitor most threatened biodiversity populations by the above-mentioned processes caused by climate change or other anthropogenic factors.

We recognize and discuss the potential risks of publishing shared biodiversity data and a framework to mitigate those risks. The availability, quality, and interoperability of data is paramount to the progress of biogeography and ecology as increasingly data-driven disciplines. We demonstrate how the explicit consideration of data resolution offers new perspectives on the compilation and integration of plant diversity data.

Our results show that a coarse-grained but near-complete knowledge of global plant distributions and basic functional traits is within reach when exploiting the full potential of data mobilization and imputation. This offers exciting opportunities for plant diversity research.

References

- Blonder B., Nogués-Bravo D., Borregaard M. K., Donoghue J. C., Jørgensen P. M., Kraft N. J. B. et al. Linking environmental filtering and disequilibrium to biogeography with a community climate framework // *Ecology*. 2015. V. 96. P. 972–985. DOI: [10.1890/14-0589.1](https://doi.org/10.1890/14-0589.1)
- Jetz W., Cavender-Bares J., Pavlick R., Schimel D., Davis F. W., Asner G. P. et al. Monitoring plant functional diversity from space // *Nat Plants*. 2016. V. 2. P. 16024. DOI: [10.1038/nplants.2016.24](https://doi.org/10.1038/nplants.2016.24)
- Kuenzer C., Ottinger M., Wegmann M., Guo H., Wang C., Zhang J. et al. Earth observation satellite sensors for biodiversity monitoring. Potentials and bottlenecks // *International Journal of Remote Sensing*. 2014. V. 35. P. 6599–6647. DOI: [10.1080/01431161.2014.964349](https://doi.org/10.1080/01431161.2014.964349)
- Scheiter S., Langan L., Higgins S. I. Next-generation dynamic global vegetation models. Learning from community ecology // *New Phytol*. 2013. V. 198. P. 957–969. DOI: [10.1111/nph.12210](https://doi.org/10.1111/nph.12210)

MOUNTAIN BIODIVERSITY UNDER GLOBAL CHANGE: STATE OF KNOWLEDGE AND DATA NEEDS

Payne D.¹, Spehn E. M.², Snethlage M.¹, Fischer M.¹

¹*Global Mountain Biodiversity Assessment, Institute for Plant Sciences,
University of Bern, Bern, Switzerland*

²*Swiss Academy of Sciences, Bern, Switzerland*

Corresponding e-mail: davnah.payne@ips.unibe.ch

Summary: mountains are strongholds of biodiversity and their ecosystems support millions of people worldwide with vital ecosystem services. Yet mountains ecosystems and their biodiversity are exposed to the same factors that drive biodiversity loss, ecosystem degradation and major societal shifts in other biomes, including rapid changes in climate and large-scale changes in land use. Although research on distribution and richness patterns and on the effects of global change on mountain biodiversity is plentiful, many data and knowledge gaps exist that need to be filled to better predict the response of mountain species, communities, and ecosystems to drivers of change and to inform management. Here I will discuss the state of knowledge on mountain biodiversity in the face of global change, discuss data needs and opportunities to address them, and present some activities of the Global Mountain Biodiversity Assessment to support international and cross-disciplinary collaboration on the assessment, conservation, and sustainable use of mountain biodiversity.

Keywords: mountains, biodiversity, global change, Global Mountain Biodiversity Assessment

Terrestrial mountains *sensu* Körner et al. (2011; 2017) cover approximately a tenth of the total land surface and are found on every continent, from the tip of south Africa to way above the polar circle in Northern Norway, and from the West of the Americas to New Zealand. These mountains vary in many ways, from their geological history, to their appearance and their ecosystems. Mount Fujiyama in Japan is volcanic, whereas the Ural Mountains of Russia are so-called fold mountains that resulted from the thickening of the Earth's crust. Some mountains (e.g. the Matterhorn in the European Alps) are pyramidal peaks, others (e.g. Black Hills of South Dakota, USA) are dome-shaped or plateaux (e.g. the table-top mountains of Venezuela). Some like the Eastern Arc Mountains in Africa are mostly covered with dense tropical forest, whereas others such as Mount Kilimanjaro display a succession of ecosystems along extended altitudinal gradients. And yet as diverse as they are, mountains share one characteristic: they host a spectacular diversity of species, of which many are endemic, rare, and endangered, and contribute disproportionately to the terrestrial biodiversity on Earth (Rahbek et al., 2019).

Yet, mountains are exposed to the very same factors that drive biodiversity loss, ecosystem degradation, and major societal shifts in other biomes (Chakraborty, 2019). Among these factors, climate change – in the form of rapid changes in temperature and in the amount and frequency of precipitation – is an important factor driving the changes observed at high elevations and above the treeline, including retreating glaciers, permafrost thawing, and changes in snow cover. Direct responses of high-elevation species to climate change (e.g., Winkler et al. 2019) detected in monitoring and resampling studies include an upward migration of sub- and lower alpine species into ecologically suitable habitats, which leads to transient increases in diversity at higher altitude; changes in vegetation structure and composition towards thermophilization and homogenization, as well as shifts towards earlier phenologies. Below the treeline, land-use change and other drivers such as the spread of invasive species, overexploitation of resources, and deforestation are causing cascading effects on

mountain ecosystems and mountain social-ecological systems. Effects of land-use changes and pollution include a decrease in diversity with increasing N deposition and with land abandonment followed by forest regrowth. Effects of global change derived from computational simulations and species distribution models include upward migration of native and invasive species; losses of habitat, range, and genetic diversity; decreasing population size and constrained evolutionary responses; and changes in biotic interaction. However, varying responses, notably to temperature increases, across taxa, communities, and mountain ranges indicate that patterns are by no means general (see Payne et al., 2017 for references).

Research on species distribution and richness patterns and on the effects of global change on mountain biodiversity is plentiful. Additionally, recent assessment by the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) adds to the existing evidence for the importance of mountains as strongholds of biodiversity but also for their exposure. However, a comprehensive biological inventory of the world's mountains is not available, considerable biases exist towards terrestrial ecosystems, vascular plants, and single-taxa studies, and major gaps remain, which include mountain soils and freshwater. With its online mountain portal (www.mountainbiodiversity.org), the Global Mountain Biodiversity Assessment (GMBA, <https://www.gmba.unibe.ch>) supports the collation of data from all taxonomic groups and ecosystems types. Yet in view of the limited data available online, GMBA urges data owners to share their biodiversity data according to standard permissions and licensing options and thereby contribute to informing science, policy, and society about the status of mountain biodiversity worldwide. Moreover, additional monitoring programs are needed that are specifically designed to answer well-defined research questions and inform both local- and global-scale models and scenarios. Such programs can contribute to a more accurate assessment of the simultaneous impact of multiple drivers on mountain biodiversity and ecosystems at various spatial and temporal scales. Finally, both additional work on genetic, phylogenetic, and intra- and interspecies functional diversity and the application of eco-evolutionary as well as modern community ecology theories are needed to improve our understanding of the mechanisms governing the historic evolution of biodiversity patterns and our ability to predict the response of mountain species, communities, and ecosystems to drivers of change (see Payne et al., 2017 for references).

In my presentation, I will provide an overview of the current state of knowledge on mountain biodiversity under global change, discuss data needs and opportunities to address them, and outline ongoing future activities of the Global Mountain Biodiversity Assessment to support international and cross-disciplinary collaboration on the assessment, conservation, and sustainable use of mountain biodiversity.

Acknowledgements & funding

The work of the Global Mountain Biodiversity Assessment is supported by funding from the Swiss Academy of Sciences.

References

- Chakraborty A. Mountains as vulnerable places: a global synthesis of changing mountain systems in the Anthropocene // *GeoJournal*. 2019. DOI: [10.1007/s10708-019-10079-1](https://doi.org/10.1007/s10708-019-10079-1)
- Körner C., Paulsen J., Spehn E. M. A definition of mountains and their bioclimatic belts for global comparisons of biodiversity data // *Alpine Botany*. 2011. V. 121. P. 73–78. DOI: [10.1007/s00035-011-0094-4](https://doi.org/10.1007/s00035-011-0094-4)
- Körner C., Jetz W., Paulsen J., Payne D., Rudmann-Maurer K., Spehn E. M. A global inventory of mountains for biogeographical applications // *Alpine Botany*. 2017. V. 127 (1). P. 1–15. DOI: [10.1007/s00035-016-0182-6](https://doi.org/10.1007/s00035-016-0182-6)

- Payne D., Spehn E. M., Snethlage M., Fischer M. Opportunities for research on mountain biodiversity under global change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2017. V. 29. P. 40–47. DOI: [10.1016/j.cosust.2017.11.001](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.11.001)
- Rahbek C., Borregaard M. K., Colwell R. K., Dalsgaard B., Holt B. G., Morueta-Holme N., Nogués-Bravo D., Whittaker R. J., Fjeldså J. Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity? // *Science*. 2019. V. 365 (6458). P. 1108–1113. DOI: [10.1126/science.aax0149](https://doi.org/10.1126/science.aax0149)
- Winkler D. E., Lubetkin K. C., Carrell A. A., Jabis, M. D., Yang Y., Kueppers L. M. Responses of alpine plant communities to climate warming // *Ecosystem Consequences of Soil Warming: Microbes, Vegetation, Fauna and Soil Biogeochemistry*. Ed. J. Mohan. Academic Press, 2019. Ch. 12. P. 297–346.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ БАКТЕРИЙ РОДА *METHYLOPILA* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛДИ-МС АНАЛИЗА

Агафонова Н. В., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В.

*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН,
Пушчинский научный центр биологических исследований РАН, Пушчино, Россия*

IDENTIFICATION OF BACTERIA OF THE GENUS *METHYLOPILA* BY USING MALDI-MS ANALYSIS

Agafonova N. V., Kaparullina E. N., Doronina N. V.

*Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms,
Russian Academy of Sciences,
Federal Research Center «Pushchino Center for Biological Research
of the Russian Academy of Sciences», Pushchino, Russia*

Corresponding e-mail: nadyagafonova@gmail.com

Summary: MALDI mass spectrometric analysis was performed and MALDI mass spectra of methylotrophic bacteria of the genus *Methylopila* were studied. The results of cluster analysis demonstrated a high resolution of the MALDI mass spectrometry method for differentiating members of the genus *Methylopila*.

Keywords: methylotrophic bacteria, *Methylopila*, MALDI-MS, taxonomy

Современные методы исследования разнообразия микроорганизмов позволяют значительно ускорить процесс их идентификации. Один из таких методов – МАЛДИ масс-спектрометрия (МАЛДИ-МС) – высокопроизводительный метод с высоким уровнем таксономического разрешения. Основное преимущество МАЛДИ-МС – быстрота анализа и небольшое количество материала. В последнее десятилетие идентификация на основе МАЛДИ-МС существенно помогает определить систематическое положение бактериальных изолятов на уровне рода, вида и подвида у некоторых таксонов (Tani et al., 2012). Спектральные профили масс в диапазоне 2 000–20 000 m/z в основном соответствуют рибосомальным белкам, которые являются наиболее распространенными клеточными белками и синтезируются при любых условиях культивирования (Jarman et al., 2000). Однако общедоступные базы данных по МАЛДИ масс-спектрам метилотрофных бактерий отсутствуют.

Цель работы – МАЛДИ масс-спектрометрический анализ метилотрофных бактерий рода *Methylopila* и оценка возможности использования метода МАЛДИ-МС для дифференциации представителей данного рода на видовом уровне.

Представители рода *Methylopila* принадлежат семейству Methylocystaceae порядка Rhizobiales. В настоящее время род *Methylopila* включает семь валидно описанных строго аэробных, граммотрицательных, факультативно метилотрофных бактерий (<http://www.bacterio.net/methylopila.html>): *M. capsulata* IM1^T (Doronina et al., 1998), *M. jiangsuensis* JZL-4^T (Li et al., 2011), *M. musalis* MUSA^T (Doronina et al., 2013), *M. oligotrophia* 2395A^T (Порошина и др., 2013), *M. henanensis* LYBFD3-16A2^T (Wang et al., 2015), *M. turkensis* Side1^T (Агафонова и др., 2015; Шмарева и др., 2016) и *M. carotae* Das4.1^T (Kaparullina et al., 2019).

Представители этого рода широко распространены в природе, обнаруживаются в различных экониках (почва, растения, подземные воды, активные илы, засоленные биотопы) и климатических зонах (Агафонова и др., 2019).

Объектами исследования служили типовые штаммы: *M. capsulata* IM1^T, *M. jiangsuensis* JZL-4^T, *M. musalis* MUSA^T, *M. oligotrophica* 2395A^T, *M. turkensis* Side1^T, *M. carotae* Das4.1^T, а также новые изоляты (1g, 2a, RibW, M52, PadubW, Sorbus и Minsk), выделенные из различных растений. Клетки исследуемых метилотрофных бактерий выращивали на среде К (г/л): KH_2PO_4 – 2.0; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2.0; NaCl – 0.5; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.1; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.002; pH 7.4 и 0.5 % (об/об) метанола, как описано ранее (Doronina et al., 2013). Протеомный МАЛДИ-анализ метилотрофных фитосимбионтов с пробоподготовкой проводили, как описано ранее (Присяжная и др., 2012).

На основании секвенирования генов 16S рРНК уровень сходства между штаммами типовых видов рода *Methylopila* находится в диапазоне 96.5–98.5 %. Штаммы 2a, RibW и 1g имели 99.9–100 %, PadubW – 98.8 %, а M52 – 98.7 % сходства нуклеотидных последовательностей генов 16S рРНК с *M. oligotrophica* 2395A^T, а штаммы Sorbus и Minsk имели наибольшее сходство с *M. capsulata* IM1^T (99.5 и 98.8 % соответственно). ДНК–ДНК гибридизация штаммов PadubW и M52 с типовым штаммом 2395A^T выявила высокий уровень их гомологии (75 и 79 %, соответственно), а штаммов Sorbus и Minsk – с IM1^T (96 и 79 % соответственно).

Для всех штаммов, использованных в работе, были составлены суммарные спектры на основании МАЛДИ масс-спектров, полученных в ходе трех независимых испытаний. Кластерный анализ масс-спектров с использованием программы BioTyper 3.0 («Bruker Daltonics») и построенная на основании этих данных дендрограмма суммарных масс-спектров исследуемых метилотрофов иллюстрировали высокое разрешение метода МАЛДИ масс-спектрометрии для идентификации представителей рода *Methylopila* на видовом уровне. Полученные данные четко согласовались с результатами филогенетического анализа, основанного на секвенировании генов 16S рРНК и ДНК–ДНК гибридизации.

Таким образом, продемонстрировано высокое разрешение метода МАЛДИ масс-спектрометрии для дифференциации представителей рода *Methylopila* на примере штаммов с известным филогенетическим положением. Следовательно, метод МАЛДИ-МС может быть успешно применен для предварительной идентификации новых изолятов рода *Methylopila* на уровне вида.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Н. В. Присяжной (Всероссийская коллекция микроорганизмов, ИБФМ РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН) за проведение МАЛДИ-МС анализа.

Литература

- Агафонова Н. В., Капаруллини Е. Н., Доронина Н. В. Биogeография и молекулярно-генетический полиморфизм бактерий рода *Methylopila*, выделенных из различных климатических зон // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2019. № 3. С. 79–93.
- Агафонова Н. В., Капаруллини Е. Н., Доронина Н. В., Троценко Ю. А. *Methylopila turkiensis* sp. nov. – новый аэробный факультативно метилотрофный фитосимбионт // Микробиология. 2015. Т. 84. № 4. С. 456–465. DOI: [10.1134/S0026261715040025](https://doi.org/10.1134/S0026261715040025)
- Порошина М. Н., Доронина Н. В., Капаруллини Е. Н., Ковалевская Н. П., Троценко, Ю. А. Галофильные и галотолерантные аэробные метиловобактерии из техногенных соликамских биотопов // Микробиология. 2013. Т. 82. № 4. С. 473–473.

- Присяжная Н. В., Плотникова Е. Г., Бусева О. В., Корсакова Е. С., Дорофеева Л. В., Ильина Е. Н., Лебедев А. Т., Евтушенко Л. И. Использование метода МАЛДИ-ВП масс-спектрометрии для дифференциации близких видов филогенетической группы «*Arthrobacter crystallopoietes*» // Микробиология. 2012. Т. 81. № 6. С. 754–754.
- Шмарева М. Н., Агафонова Н. В., Капаруллина Е. Н., Доронина Н. В., Троценко Ю. А. Исправленные описания *Advenella kashmirensis* subsp. *kashmirensis* subsp. nov., *Advenella kashmirensis* subsp. *Methylica* subsp. nov. и *Methylopila turkiensis* sp. nov. // Микробиология. 2016. Т. 85. № 5. С. 617–619.
- Doronina N. V., Trotsenko Yu. A., Krausova V. I., Boulygina E. S., Tourova T. P. *Methylopila capsulata* gen. nov., sp. nov., a novel non-pigmented aerobic facultatively methylotrophic bacterium // Int J Syst Bacteriol. 1998. V. 48 (4). P. 1313–1321. DOI: [10.1099/00207713-48-4-1313](https://doi.org/10.1099/00207713-48-4-1313)
- Doronina N. V., Kaparullina E. N., Bykova T. V., Trotsenko Y. A. *Methylopila musalis* sp. nov., a new aerobic facultatively methylotrophic bacterium isolated from banana fruit // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2013. V. 63 (5). P. 1847–1852. DOI: [10.1099/ijs.0.042028-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.042028-0)
- Jarman K. H., Cebula S. T., Saenz A. J., Petersen C. E., Valentine N. B. et al. An algorithm for automated bacterial identification using matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry // Anal Chem. 2000. V. 72. P. 1217–1223. DOI: [10.1021/ac990832j](https://doi.org/10.1021/ac990832j)
- Kaparullina E. N., Chemodurova A. A., Agafonova N. V., Karataeva T. A., Detkova E. N., Trotsenko Y. A., Doronina N. V. *Methylopilacarotae* sp. nov., a facultative methylotroph, isolated from a root of *Daucus carota* L. // Antonie van Leeuwenhoek. 2019. V. 112 (9). P. 1307–1316. DOI: [10.1007/s10482-019-01263-x](https://doi.org/10.1007/s10482-019-01263-x)
- Li L., Zheng J. W., Hang B. J., Doronina N. V., Trotsenko Y. A., He J., Li S. P. *Methylopila jiangsuensis* sp. nov., an aerobic, facultatively methylotrophic bacterium // Int J Syst Evol Microbiol. 2011. V. 61 (7). P. 1561–1566. DOI: [10.1099/ijs.0.020925-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.020925-0)
- Tani A., Sahin N., Matsuyama Y., Enomoto T., Nishimura N., Yokota A., Kimbara K. High-throughput identification and screening of novel Methylobacterium species using whole-cell MALDI-TOF/MS analysis // PLoS One. 2012. V. 7 (7). e40784. DOI: [10.1371/journal.pone.0040784](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040784)
- Wang Y. N., Tian W. Y., He W. H., Chen G. C., An M. L., Jia B., Liu L., Zhou Y., Liu S. J. *Methylopila henanense* sp. nov., a novel methylotrophic bacterium isolated from tribenuron methyl-contaminated wheat soil // Antonie van Leeuwenhoek. 2015. V. 107 (2). P. 329–336. DOI: [10.1007/s10482-014-0331-0](https://doi.org/10.1007/s10482-014-0331-0)

**АТЛАС ЭКОСИСТЕМ МОНГОЛИИ КАК ВИЗУАЛЬНОЕ ОТРАЖЕНИЕ
БАЗЫ ДАННЫХ ПО СТРУКТУРЕ, РАЗНООБРАЗИЮ
И ДИНАМИКЕ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ МОНГОЛИИ**

Андреев А. В.¹, Гунин П. Д.¹, Бажа С. Н.¹, Данжалова Е. В.¹, Петухов И. А.¹,
Саандарь М.², Дугаржав Ч.³, Адьяа Я.⁴

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия*

²*МонМэп Инжиниринг, Улан-Батор, Монголия*

³*Ботанический сад – Институт ботаники АНМ, Улан-Батор, Монголия*

⁴*Институт биологии АНМ, Улан-Батор, Монголия*

**ECOSYSTEMS OF MONGOLIA ATLAS AS A TOOL FOR VISUALISATION
OF DATABASES BY THE STRUCTURE, DIVERSITY AND DYNAMICS
OF MONGOLIAN TERRESTRIAL ECOSYSTEMS**

Andreev A. V.¹, Gunin P. D.¹, Bazha S. N.¹, Danzhalova E. V.¹, Petukhov I. A.¹,
Saandar M.², Dugarjav Ch.³, Adyaa Ya.⁴

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

²*MonMap Engineering LLC, Ulaanbaatar, Mongolia*

³*Botanical Garden – Institute of Botany, MAS, Ulaanbaatar, Mongolia*

⁴*Institute of Biology MAS, Ulaanbaatar, Mongolia*

Corresponding e-mail: monexp@mail.ru

Summary: continued monitoring studies of the state of natural complexes of Mongolia, the significant works on accumulation of long-term data on the dynamics of development and functioning of the main types of ecosystems, and publication of numerous works of Joint Russian-Mongolian Complex Biological Expedition RAS and MAS were the basis for us to create the Ecosystems of Mongolia Atlas. The new Atlas of ecosystems of Mongolia consists of 264 pages and is a major generalizing cartographic work presenting the current state of natural ecosystems and their degree of anthropogenic disturbance, reflecting the main causes of negative influences in the most compact form and illustrating this information with a large array of actual data, drawings, diagrams, and photographs. Along with “traditional” ecological maps, the Atlas provides up-to-date information on the socio-economic state of Mongolian regions. The Atlas consists of two large sections. The first, general section contains maps of analytical category created on the basis of statistical data and content of inventory maps, which include maps of zoning: climatic, landscape, ecosystem types, ecological instability, river basins and marsh ecosystems; maps of protected areas and habitats of rare species of wild mammals and birds. The Atlas gives a visual representation of multifaceted and large-scale long-term scientific studies conducted in the framework of the JRMCEB RAS and MAS. It is intended for a wide range of users including nature researchers in Mongolia, Inner Asia, and Southern Siberia who study pastures, forests, and degradation of natural ecosystems, as well as for geographers of different specialties, botanists, and zoologists.

Keywords: Long-term Monitoring, Mapping of Ecosystem, Diversity, Anthropogenic disturbance, databases

Совместная Российско (Советско)-Монгольская комплексная биологическая Экспедиция РАН и АНМ (СРМКБЭ) уже на протяжении пятидесяти лет ежегодно проводит исследования на территории Монголии. В составе Экспедиции работали выдающиеся ученые – ботаники, почвоведы, географы, зоологи, экологи и др. В 1995 году была издана карта экосистем Монголии масштаба 1:1 000 000 (Ecosystems..., 1995), зафиксировавшая состав, пространственное расположение и состояние экосистем Монголии в 1989 году. Публикация этой карты стала одним из самых значительных научных достижений Экспедиции. Проведена огромная работа по накоплению многолетних данных о динамике развития и функционирования основных типов экосистем. Все эти материалы явились исходной базой для создания современного атласа «Экосистемы Монголии» (Gunin, Saandar, 2019).

Атлас экосистем Монголии является крупным обобщающим картографическим трудом. Большая часть карт посвящена характеристике природных экосистем страны, степени и формам их дестабилизации под воздействием антропогенных факторов. Содержательная основа атласа – это карты современной антропогенной нарушенности экосистем аймаков Монголии, разработанные в результате мониторинга состояния природных экосистем всех аймаков в период с 2010-го по 2017 г. и изучения состояния экосистем отдельных сомонов и других модельных территорий.

Масштаб карт, представленных в атласе, в значительной степени зависит от формата печатных листов. В первую очередь это касается мелкомасштабных карт, охватывающих всю территорию Монголии, природно-экономических регионов и крупных аймаков. Масштаб картографирования и авторских вариантов карт территорий аймаков составляет 1:1 000 000; картографирование сомонов, модельных полигонов и больших природоохранных территорий выполнено в масштабе 1:200 000; оригиналы карт ключевых и эталонных участков создавались в крупных масштабах – 1:10 000–1:50 000.

Атлас состоит из 5 больших разделов: общего и 4 региональных. Первый, общий раздел содержит карты аналитической категории, созданные на основе обработки статистических данных и содержания инвентаризационных карт: карты зонирования (климатического, ландшафтного), типов экосистем, экологической нестабильности, бассейнов рек и болотных экосистем; карты ООПТ и ареалов редких видов диких млекопитающих и птиц. Остальные 4 раздела охватывают карты, соответственно, четырех природно-экономических регионов Монголии – Западного, Хангайского, Центрального и Восточного.

В каждом из региональных разделов представлены карты антропогенной нарушенности экосистем региона, карты природных комплексов (растительность, почвы, животные, леса) и хозяйственно-экономических объектов земельного фонда (пахотные земли, месторождения полезных ископаемых, водопойные колодцы и родники и пр.), сгруппированные для каждого аймака, в т.ч. крупномасштабные тематические. Большинство этих карт представлено для двух периодов – по состоянию на 1990 год и на 2015–2017 гг.

Все карты в атласе обеспечены соответствующими легендами, проиллюстрированы фотографиями; в атлас включены информационные таблицы и графики, пояснительные тексты.

Каждый региональный раздел атласа включает серию общерегиональных карт: административного деления региона, экосистем (по материалам 1990 г.) и антропогенной нарушенности экосистем по состоянию на 1990 и 2017 гг. с расчетными таблицами запасов пастбищных кормов, территорий заготовки кормов, земельного фонда (по состоянию на 2015 г.), развития туризма (2015 г.), и карты, иллюстрирующие изменения, произошедшие с

1990-го до 2015–2017 гг.: плотности населения, поголовья различных видов скота, распространения пахотных земель, добычи полезных ископаемых).

Атлас подготовлен и издан на английском языке. Для многих карт, вошедших в него, были созданы собственные ГИС. Формат атласа А3 + альбомный. В атласе 264 страницы, 256 тематических карт, которые вместе с легендами к ним размещены на 233 страницах, информационные таблицы занимают 8 страниц, пояснительные тексты – 15 страниц. Содержание атласа проиллюстрировано 520 фотографиями.

Атлас дает наглядное представление о масштабных многолетних научных исследованиях, проводимых в рамках СРМКБЭ РАН и АНМ. Он предназначен для широкого круга пользователей, в т.ч. научных работников – исследователей природы Монголии и Южной Сибири, экологов, географов, ботаников, зоологов и др. Информация, содержащаяся в атласе, будет полезной для использования административными, планирующими, природоохранными органами Монголии, а также для промышленных и общественных организаций.

Атлас «Экосистемы Монголии» явился результатом работы большого коллектива исследователей, принимавших участие в изучении и картографировании экосистем Монголии и их компонентов, в оценке степени их антропогенной дестабилизации и современного состояния. В общей сложности, в работе по подготовке атласа на разных этапах приняло участие более 100 ученых и специалистов из числа участников Экспедиции, а также из различных государственных, образовательных и негосударственных учреждений России и Монголии.

Литература

Ecosystem of Mongolia. The map scale 1:1 000 000. Moscow: EFOR, 1995. 16p.

Gunin P. D., Saandar M. (eds.). Ecosystems of Mongolia Atlas. Ulaanbaatar: ADMON Print, 2019. 264 p.

БОТАНИЧЕСКИЕ ЭКСКУРСИИ КАК ЭЛЕМЕНТ ИЗУЧЕНИЯ ФЛОРЫ ГОРОДА И ОКРЕСТНОСТЕЙ

Арнаутова Г. И., Таймазова Н. С.

*Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джамбулатова,
Махачкала, Россия*

BOTANICAL EXCURSIONS AS PART OF THE STUDY OF THE CITY AND SURROUNDING AREAS

Arnautova G. I., Taimazova N. S.

Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov, Makhachkala, Russia

Corresponding e-mail: arnautova47@mail.ru

Summary: an important feature of botanical excursions is that objects are living plants. The objects of the study were identified woody and herbaceous plants of parks and streets of Makhachkala, the coastal zone of the Caspian sea, lake Ak-Gel, mountain Tarki-Tau and the vicinity of the city-barkhan Sary-Kum. The purpose of the tour is to get acquainted with the species composition, morpho-biological features of plants, the nature of their distribution and habitat. In the parks and streets of Makhachkala grow elm, oak, poplar, cherry, ash, european cercis, white acacia and others. The coastal sandy vegetation is represented by formations of southern reed, lake reed, narrow-leaved cattail, Laxman cattail, sea klubnekamysh, umbrella susak. Ak-Gel lake: ash, spirea and ornamental herbaceous plants. Tarki-Tau mountains are composed of the following species: rock oak, Caucasian hornbeam, common ash, pear, small-leaved linden, field maple and other breeds. On the barkhane of Sary-Kum grow: eremosparton leafless, Leman astragalus, karakutinsky astragalus, kachim, ziziphora, giant earwax, wormwood, cane, milkweed, kumarnik, horse fennel, cutter, thyme, melon, juzgun leafless, buckwheat, chondrilla, meadow bluegrass, mint, sedge, series, leafless esparzet, barley, sandy oats, cornflower Majorov, mosses, lichens, mushrooms, orcas ostrodolny.

Keywords: excursion, element, flora, view, city

Богатство растительного покрова объясняется не только разнообразием климата, сильно расчлененным рельефом, географическим положением, но и историей формирования флоры. Современные виды растений Дагестана формировались на протяжении многих геологических эпох. Богатая и очень интересная флора сформировалась как из местных кавказских, так и из видов других географических регионов. Здесь распространены среднеазиатские пустынные виды, встречающиеся на песках (псаммофиты) и засоленных почвах (галофиты) равнинного Дагестана.

Роль экскурсий в ботаническом и экологическом образовании и как формы познавательной деятельности давно получила теоретическое обоснование в отечественном экскурсоведении. Советский ученый и методист А. А. Яхонтов в своем труде «Биологические экскурсии в городе и по городскому саду» обосновал важность экскурсионного метода для изучения естественных природных объектов (Яхонтов, 1926). Ботанические экскурсии становятся актуальными, что подтверждает выход книги Т. К. Горышиной, М. Е. Игнатьевой «Ботанические экскурсии по городу» (Горышина, Игнатьева, 2000).

Важное свойство ботанических экскурсий заключается в том, что их объектами являются живые растения. Объектами исследования были определены древесные и травянистые растения

парков и улиц г. Махачкала, прибрежной зоны Каспийского моря, озера Ак-Гель, горы Тарки-Тау и окрестностей города – бархан Сары-Кум. Цель экскурсии – ознакомиться с видовым составом, морфобиологическими особенностями растений, характером их распределения и среды обитания.

Для Махачкалы характерен климат полупустынь умеренного пояса. Лето здесь жаркое, средняя температура летних месяцев выше +20 °С, дневная максимальная температура достигает +38 °С и выше. Зима мягкая, малоснежная. В отдельные годы зимой наблюдаются морозы –15 °С и ниже. Осадков выпадает от 250 до 450 мм в год, и в течение года они распределены неравномерно, больше в осенний период. Острый недостаток осадков для произрастающих здесь растений наблюдается в летний период. Поэтому устойчивость древесных растений к летней жаре и засухе являются ключевыми для успешного их произрастания. На территории г. Махачкалы преобладают светло-каштановые почвы, встречаются береговые пески и хлоридно-сульфатные солончаки (Акаев, 1996). В парках и на улицах Махачкалы растут вяз, карагач, липа, дуб, тополь, черемуха, ясень, церцис европейский, акация белая, айлант, лох, алыча, ива, софора, платан, конский каштан, клен грузинский, клен негундо, мыльное дерево, береза, держи-дерево, грецкий орех, бересклет, морфа, гибискус сирийский, жимолость, чубушник, самшит, мушмула, облепиха, боярышник, можжевельник, спирея-таволга.

Приморская песчаная растительность располагается почти непрерывной полосой по побережью Каспийского моря. Она неоднородна, ее состав зависит от степени закрепления и подвижности песков, от солевого режима, от впадающих в море рек, от антропогенного фактора. Воздушно-водная растительность представлена формациями тростника южного, камыша озерного, рогоза узколистного, рогоза Лаксмана, клубнекамыша морского, сусака зонтичного. В Каспийском море преобладают водоросли сине-зеленые, диатомовые, красные и бурые, из цветковых – зостера и руппия.

Ведущее место по биомассе занимает крупная морская водоросль *Rhizosolenia calcar-avis*. В прибрежной зоне произрастают: мальва лесная, люцерна посевная, вьюнок полевой, вьюнок персидский, повилка клеверная, козлобородник злаколистный, костер прибрежный, костер бесплодный, колосняк гигантский, рогоз широколистный, плевел опьяняющий, ячмень морской, ячмень заячий.

Озеро Ак-гель расположено в юго-восточной части Махачкалы, в 1 километре от берега Каспийского моря. Это уникальное озеро, расположенное в черте города, отнесено к особо охраняемым природным объектам. Вокруг озера создана парковая зона, где высажены ясень, спирея и декоративные травянистые растения.

Гора Тарки-Тау является примечательным ландшафтным объектом, который представляет собой возвышенность, преобладающую в рельефе Махачкалы. В целом подножье горы вытянуто с северо-запада на юго-восток на 10 км, в ширину 4 м. Максимальные отметки плато достигают на западе 725 м, на восточном гребне 300–350 м. На Тарки-Тау нет постоянных водотоков. Однако здесь много родников, которые сосредоточены вдоль северных и восточных склонов, большей частью в Таркинской ложине. В настоящее время значительная часть горы занята сплошным лесным покровом. Широколиственные лесные ландшафты верхней половины плато и северных склонов сложены следующими видами: дубом скальным, грабом кавказским, ясенем обыкновенным, грушей, липой мелколистной, кленом полевым и другими породами. Подлесок образован кизильником, можжевельником продолговатым, жимолостью грузинской, несколькими видами боярышника, крушиной слабительной, мушмулой германской, бересклетом бородавчатым, алычой. В травяном покрове встречаются коротконожка лесная,

перловник пестрый, ежа сборная, рисовидка, осока лесная, овсяница горная, горошек обрубленный, фиалка лесная.

Ниже по высотному профилю выступают лесокустарниковые урочища с доминированием держи-дерева. В этих урочищах часто встречаются жостер Палласа, жостер слабительный, мушмула германская, шиповник собачий, алыча, терн, из ксерофитных видов – мятлик луковичный, дубровник белый и др.

На склонах западных экспозиций главными растительными формациями являются разнотравно-полынно-злаковые сухие степи и заросли ксерофитных кустарников. В травостое преобладают ковыль-волосатик, типчак бороздчатый, тимopheевка степная, полынь таврическая, которые в сочетании друг с другом и другими травянистыми растениями образуют самые разнообразные ассоциации: типчаково-ковыльные, ковыльно-типчаковые, разнотравно-ковыльные; из древесно-кустарниковых пород – груша иволистная, дуб пушистый, держи-дерево. Склоны южных и юго-восточных экспозиций представлены полупустынными ландшафтами на светло-каштановых почвах. Здесь отмечаются полынно-злаковые и полынно-солянковые полупустынные урочища. В этих группировках встречаются заросли верблюжьей колючки, солодки голой и др. Доминантным видом во всех перечисленных сообществах является полынь таврическая. На Тарки-Тау отмечены 3 вида эндемиков флоры Дагестана – лук крупный, хохлатка таркинская и живокость крупнобородая.

Из занесенных в Красную книгу Российской Федерации здесь произрастает 16 видов: костенец черный, луки странный и крупный, череш представительный, шафран прекрасный, касатик карликовый, рябчик кавказский, анакампис пирамидальный, пыльцеголовники красный и крупноцветковый, офрис кавказская, ятрышники: раскрашенный, пурпурный, обезьяний и трехзубчатый, хохлатка таркинская (Красная книга РФ, 1988). Также здесь встречаются два вида, занесенные в Красную книгу Республики Дагестан: первоцвет Сибторпа и пушкиния пролесковая (Красная книга РД, 2009).

В 18 км от г. Махачкала находится уникальный памятник природы – бархан Сары-Кум. Бархан расположен на левом берегу реки Шура-озень и имеет площадь около 3 000 га. Высшая точка песчаной горы 252 м над уровнем океана. На севере она постепенно переходит в глиняную полынную степь, а на юге ее замыкает горное ущелье. На Сары-Куме произрастают: эremosпартон безлистный, астрагал Лемана, астрагал каракутинский, качим, зизифора, колосняк гигантский, полынь, тростник, молочай, кумарник, конский фенхель, резак, чабрец, донник, джужгун безлистный, гречишник, хондрилла, мятлик луговой, мята, осока, череда, эспарцет безлистный, ячменник, овес песчаный, василек Майорова, мхи, лишайники, грибы, касатик острокопный. Высажены у бархана лох, яблоня, виноград, айва, груша, тополь, ива, тутовник и др.

Биоценозы, сложившиеся на склонах бархана на протяжении тысячелетий, уникальны. В их составе очень редкие для Дагестана виды растений. Все это необходимо сберечь для будущих поколений.

Литература

- Акаев Б. А. Физическая география Дагестана. М.: Школа, 1996. 384 с.
Белошенкова А. Д. Городские ботанические экскурсии в Рязани: задачи и перспективы // Труды XIV съезда Русского Ботанического общества и конференции. Т. 1. М., 2018. С. 336–338.
Горышина Т. К., Игнатова М. Е. Ботанические экскурсии по городу. СПб., 2000. 149 с.
Красная книга Российской Федерации. Т. 2. М., 1988. 620 с.
Красная книга Республики Дагестан. Махачкала, 2009. 552 с.
Яхонтов А. А. Биологические экскурсии в городе и по городскому саду. М.; Л., 1926. 84 с.

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ ВИДА: КОНЦЕПЦИЯ

Афонин А. Н.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

ECOLOGO-GEOGRAPHIC ANALYSIS AND ENVIRONMENTAL NICHE MODELLING: CONCEPT

Afonin A.

*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: [0000-0002-6433-8073](https://orcid.org/0000-0002-6433-8073)*

Corresponding e-mail: afonin-biogis@yandex.ru

Summary: the concept of environmental niche modeling is considered. The term of ecological-geographical niche is proposed as a projection of the ecological amplitudes of a species into a real geo-ecological space.

Keywords: environmental niche modeling, ecological amplitudes, ecological-geographical niche

География видов, как и сообществ живых организмов, в значительной степени определяется их экологическими потребностями и особенностями пространственного распределения важнейших лимитирующих распространение организмов экологических факторов среды.

Основными зональными экологическими факторами, лимитирующими распространение биологических объектов, являются, прежде всего, климатические факторы среды: температура и влажность.

Изолинии экологических факторов среды служат теми лекалами, по которым в соответствии с экологическими потребностями видов и сообществ живых организмов кроются границы их ареалов и зон распространения.

Эколого-географическое моделирование ниш (environmental niche modelling) – это научно-практическое направление, стремительно развивающееся с конца прошлого столетия. Технологии эколого-географического моделирования позволяют с высокой степенью точности прогнозировать и картировать территории распространения биологических объектов, основываясь на знании экологических амплитуд видов, сопоставленных с известным пространственным распределением экологических факторов среды.

Направление эколого-географического моделирования ниш концептуально базируется на определении экологической ниши, данной Г. Хатчинсоном (Hutchinson, 1957), в соответствии с которым экологическая ниша вида представляет собой часть воображаемого многомерного экологического пространства, по координатным осям которого отложены диапазоны отдельных экологических факторов, соответствующие границам экологических амплитуд вида, совокупность проекций которых в многомерное пространство экологических факторов формирует гиперобъем условий среды, в пределах которого вид способен существовать.

Практическая реализация данной концепции для решения задач эколого-географического моделирования распространения биообъектов стала возможной с появлением персональной компьютерной техники, созданием компьютерных растровых карт экологических факторов среды и геоинформационного программного обеспечения, позволяющего производить с этими картами математические операции, в частности такие, как алгебраические расчеты по растрам и экстракции значений с экологических карт в границах областей интереса, которыми могут являться ареал вида или известные точки нахождения особей вида. Первая работа по компьютерному моделированию экологических ниш была опубликована в 1986 г. (Nix, 1986).

Эколого-географический анализ в базовом варианте заключается в выявлении экологических факторов, лимитирующих распространение вида, и количественном определении экологических амплитуд вида по отношению к каждому лимитирующему фактору. Любая карта экологического фактора среды может быть представлена в виде геопривязанного растра, каждая клетка которого характеризуется некоторым количественным значением данного фактора. Экстракция значений всех клеток экологического растра, попадающих в площадь ареала, позволяет графически и количественно представить экологическую амплитуду вида по отношению к рассматриваемому фактору среды.

Оценив количественные пределы распространения вида по каждому из основных лимитирующих его распространение экологических факторов на некоторой репрезентативной территории, например в Америке, исследователь получает возможность прогнозирования экологического предела распространения этого вида и на другой территории, например в Евразии, в случае инвазии или интродукции этого вида на евразийский континент.

Для этого строится карта эколого-географической ниши вида. В отличие от экологической ниши Хатчинсона (Hutchinson, 1957) *эколого-географическая ниша представляет собой проекцию экологических амплитуд вида не в абстрактное многомерное пространство экологических факторов, а в реальное геоэкологическое пространство и представляет собой ту его часть, каждый пиксел которого пригоден для существования вида по каждому из лимитирующих его распространение факторов среды.*

Эколого-географическая ниша может быть смоделирована, а результат моделирования представлен в виде карты. Базовый концепт эколого-географического моделирования ниши прост и интуитивно понятен для биоэколога. Известна совокупность экологических факторов, лимитирующих распространение рассматриваемого вида. Имеются растровые карты этих факторов. Методами эколого-географического анализа количественно определены экологические амплитуды вида по каждому фактору. Весь этот материал представляет основу для эколого-географического моделирования, которое в базовом конвертном варианте заключается в следующем: 1) выявлении территорий, экологически пригодных для существования вида по каждому отдельному лимитирующему фактору; 2) выделении из совокупности карт экологически пригодных территорий по отдельным факторам искомой территории эколого-географической ниши, которая удовлетворяет требованию экологической пригодности одновременно по совокупности всех рассматриваемых экологических факторов, лимитирующих распространение вида. Клетка растра, непригодная для обитания вида по условиям даже всего лишь одного лимфактора, исключается из площади эколого-географической ниши согласно закону минимального фактора (Liebig, 1840).

Выявляемая таким образом эколого-географическая ниша является реализованной постольку, поскольку границы распространения вида (ареал или точки нахождения), используемые в анализе и моделировании, определяются воздействием как абиотических, так и биотических экологических факторов. Вместе с тем границы эколого-географической ниши

обычно шире границ ареала за счет включения в площадь ниши территорий, не занятых видом по причине наличия эколого-географических барьеров (океанов, гор и т.п.) или историческим причинам.

В обозначенном контексте можно было бы говорить о моделировании эколого-географического потенциала видов, используя термин «потенциал» как эквивалент термина «ниша». Но представляется ценной дискуссия именно о корректности использования предлагаемого термина «эколого-географическая ниша» применительно к результатам описываемого эколого-географического анализа и моделирования. Это особенно актуально на современном этапе развития направления, поскольку в условиях массового использования автоматизированных программ моделирования распространения видов (species distribution modelling) очень важно понимать экологическую суть процесса моделирования.

В докладе приведены примеры практического использования технологии эколого-географического анализа и моделирования на конкретных биологических объектах. Подробно базовая методика эколого-географического анализа и моделирования представлена в учебном пособии А. Н. Афонаина и Ю. В. Соколовой (2018).

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-05-00610.

Литература

- Афонин А. Н., Соколова Ю. В. Эколого-географический анализ и моделирование распространения биологических объектов с использованием ГИС: учебное пособие (практикум). СПб.: Изд-во BBM, 2018. 121 с. ISBN 978-5-9651-1152-7. URL: <https://yadi.sk/i/hoWNQj5VKLEZRg>
- Hutchinson G. E. Concluding Remarks // Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 1957. V. 22. P. 415–427. DOI: [10.1101/SQB.1957.022.01.039](https://doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039)
- Liebig J. von. Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig, 1840.
- Nix H. A. A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes // Longmore R. (ed.). Atlas of Elapid Snakes of Australia. Australian Flora and Fauna Series No. 7. Canberra: Australian Government Publishing Service, 1986. P. 4–15.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА
ЦЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ
ПРИ ИНТЕГРАЦИИ НАЗЕМНЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ
И ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ**

Баврина А. Ю., Белова О. А., Власова Н. В., Денисова А. Ю., Кавеленова Л. М.,
Корчиков Е. С., Кузовенко О. А., Макарова Ю. В., Прохорова Н. В.,
Терентьева Д. А., Федосеев В. А.

*Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С. П. Королева, Самара, Россия*

**ON THE OPTIMISING OF VALUABLE PLANT COMMUNITIES REVEAL
AND MONITORING USING THE INTEGRATION OF GROUND SURVEY DATA
AND REMOTE SENSING MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGIES**

Bavrina A. Yu., Belova O. A., Vlasova N. V., Denisova A. Yu., Kavelenova L. M.,
Korchikov E. S., Kuzovenko O. A., Makarova Yu. V.,
Prokhorova N. V., Terentjeva D. A., Fedoseev V. A.

Samara National Research University, Samara, Russia

Corresponding e-mail: lkavelenova@mail.ru

Summary: the possibilities of ground surveys and remote sensing data integration are discussed on the base of data obtained for Samara region. The examples of some studies fulfilled by ecologists and specialists in the field of geoinformatics show the possibilities of valuable plant communities reveal and drones use in plant cover investigations.

Keywords: valuable plant communities, ground survey, remote sensing, biomonitoring

Традиционно основой выявления в природе и мониторинга состояния растительных сообществ служат проводимые по традиционным методикам полевые обследования, в результате которых собирается информация о видовом составе, популяционной структуре, объеме продуцируемой фитомассы, а также может формироваться блок сведений относительно географической локализации, орографической приуроченности, особенностей почвенного покрова и подстилающих горных пород. Такого рода исследования, в вариантах маршрутного либо стационарного исполнения, десятилетиями составляли основу научной работы ведущих специалистов кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского (до 1991 г. – Куйбышевского) государственного университета (Матвеев, Корчиков, 2015). Эти исследования внесли существенный вклад в изучение растительного покрова Самарской области, территория которой представляет собой экотон, в пределах которого осуществляется переход от лесных к лесостепным и степным ландшафтам (Государственный доклад..., 2017), где во множестве встречаются раритетные, в том числе эндемичные и реликтовые виды высших растений (Красная книга, 2017). Экспедиционные и маршрутные обследования флористических комплексов дали основу для выделения границ региональных ООПТ – памятников природы, подготовки Красной книги Самарской области. Долговременные мониторинговые исследования

на Красносамарском стационаре, где в пойменно-террасном континууме в долине р. Самары в сложной мозаике сочетаются различные типы травянистых сообществ, естественных лесов и лесокультур, позволили расширить представления о закономерностях развития ценопопуляций, растительных сообществ, специфике биогеохимических процессов, биологической активности почвы, проявлений аллелопатической активности древесных и травянистых видов (Матвеев, Корчиков, 2015). Освоенные и разработанные нами в процессе полевых обследований алгоритмы сбора информации, относящейся к биотопическим условиям и параметрам растительного покрова, послужили своеобразным «заделом» для развития нового направления в нашей работе.

Признанным недостатком полевых обследований, при их детальности (высоком пространственном разрешении, вплоть до охвата единичных особей растений на пробных площадях) и объективности получаемой информации, признается ограниченность охвата территории, существенно большей – при маршрутных, гораздо меньшей – при работе на стационарах, закладываемых для многолетних исследований. Результаты локальных полевых обследований не всегда дают возможность экстраполяции получаемых данных на ландшафт в целом, что особо заметно при неравномерном распределении объектов. Вторым недостатком рутинных полевых исследований является их время и трудоемкость, особенно при обследовании значительной территории.

Напротив, использование материалов дистанционного зондирования (ДЗЗ, remote sensing, RS – в англоязычной литературе), обеспечивая охват огромной территории, отличается меньшей трудоемкостью и открывает широкие возможности интеграции в пространственном и временном отношении. При этом современные оптические системы позволяют получать изображения с разрешением менее 5 м на 1 пиксель, но, к сожалению, не все доступные (бесплатные) материалы достигают такого разрешения, что ограничивает возможности их использования в мониторинге биоразнообразия (Gillespie et al., 2001). Важным моментом, повышающим эффективность привлечения материалов ДЗЗ для решения задач инвентаризации и мониторинга растительного покрова, является использование для построения классификаторов и проводимой на их основе обработки материалов ДЗЗ данных, получаемых в процессе проведения на эталонных участках комплексных обследований (Грузинов, 2006).

В специфических природных условиях Самарской области, имеющей высокую степень антропогенной трансформации окружающей среды, остаточные природные сообщества отличаются мозаичностью. Высокая трудоемкость их полевых обследований определяет перспективность привлечения технологий ДЗЗ для выявления и мониторинга состояния ценных растительных сообществ. Однако условием эффективного использования материалов ДЗЗ в биомониторинге является региональное эталонирование, задачи которого начиная с 2016 г. совместно решаются специалистами Самарского университета, работающими в области ботаники и экологии, ДЗЗ и геоинформатики. Результатом стала серия совместных исследований, посвященных построению регионально верифицированных классификаторов для эффективной обработки доступных материалов ДЗЗ, относящихся к различным объектам растительного покрова Самарской области.

Остановимся на некоторых результатах работы нашего коллектива. Так, в 2018 г. на основе анализа типичных травянистых сообществ для Самарской области были выделены целевые классы с их семантическим описанием. Для классификации было предложено использовать метод опорных векторов и композиты мультиспектральных снимков ДЗЗ среднего разрешения за сезон вегетации. Для обучения классификатора был предложен подход к выбору эталонных участков распознавания, основанный на предварительной кластеризации композита

из вегетационного индекса NDVI за разные даты в пределах периода вегетации и точечных наземных обследований в границах наибольших кластеров. Экспериментальное тестирование классификатора было выполнено для территории ООПТ «Участок типчаково-ковыльной целинной степи» и сопредельной территории, а также части ООПТ «Урочище Мулин дол», где локализованы места произрастания редких видов – компонентов различных типов степных фитоценозов (Красная книга..., 2017). Использованный подход к выбору эталонных участков позволил осознанно выбирать их с учетом дешифрируемости по используемым космическим снимкам, тем самым снижая объем полевых исследований и повышая их эффективность. Построенный классификатор степной растительности продемонстрировал высокую точность на обучающей выборке. Результаты классификации в целом совпали с визуальным анализом космических снимков за рассматриваемый период (апрель–сентябрь 2018 года).

Другим новым трендом в мониторинговых исследованиях, проводимых нами с 2013 г. по заданию Жигулевского государственного заповедника им. И. И. Спрыгина, стало первое пробное использование беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для дистанционного (максимально бесконтактного) выявления последствий рекреационной нагрузки на уникальный природный объект «Гора Стрельная» в зоне экскурсионной тропы. Его ценность определяется высоким фитоценотическим и флористическим разнообразием каменистых степей – реликтовых сообществ Жигулей, к которым примыкают горные дубравы и сосняки. Экологическая тропа, ведущая к вершине горы Стрельная, длительное время служила эколого-туристическим маршрутом для посетителей заповедника, в 2012 году над тропой был установлен металлический настил с двумя смотровыми площадками. Мониторинг состояния растительного покрова позволяет получить информацию, в том числе о том, в какой мере настил выполняет свои природоохранные функции. Многолетний мониторинг рекреационной нагрузки на горе Стрельной в его наземном осуществлении заставляет исполнителей ограничиваться осмотром растительных сообществ с настила либо спускаться на поверхность склона и перемещаться по нему с риском повреждения уязвимого растительного покрова и тонкого слоя почвы на каменистом субстрате. Поэтому использование БПЛА открывает новые перспективы для дистанционного, эффективного и быстрого выявления затронутых рекреационным воздействием точек, в том числе удаленных от настила, без контакта с поверхностью склона. Съемка горы Стрельной весной и осенью 2019 г. с использованием БПЛА позволила получить серию цифровых изображений, которые были проклассифицированы с помощью метода опорных векторов с радиальными базисными функциями на классы «тропа» и «не тропа». В результате удалось автоматически выделить вытопанные участки склона с большой долей точности. На данном этапе задача выделения тропинок по снимкам БПЛА успешно решена. Продолжая работу, мы планируем перейти к интегрированному определению состава растительности, как имеющейся, так и появляющейся в процессе самовосстановления растительных сообществ.

Таким образом, взаимодействие специалистов разного профиля и интеграция классических и инновационных технологий открывают несомненные перспективы в изучении и мониторинге ценных компонентов растительного покрова изучаемого региона и сопредельных территорий.

Литература

- Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2016 год. Самара, 2017. Вып. 27. 198 с.
- Грузинов В. С. Методика оценки «топографической информативности» данных дистанционного зондирования Земли на тестовых участках // Геодезия и картография. 2006. № 6. С. 33–35.

- Красная книга Самарской области. Т. 1: Редкие виды растений и грибов. Под ред. С. А. Сенатора, С. В. Саксонова. Самара, 2017. 384 с
- Матвеев Н. М., Корчиков Е. С. Кафедре экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета 40 лет // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2015. № 2 (7). С. 144–159.
- Gillespie T. W., Foody G. M., Rocchini D., Giorgi A. P., Saatchi S. Measuring and modelling biodiversity from space // Prog. Phys. Geogr. 2008. V. 32. P. 203–221.

**БАЗА ДАННЫХ «ГЕРБАРИЙ ВИР»:
ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**

Багмет Л. В., Корнеев В. Б.

*Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия*

**DATABASE “VIR HERBARIUM”:
HISTORY OF CREATION AND CURRENT STATE**

Bagmet L. V.¹, Korneev V. B.²

¹*Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: [0000-0003-0768-0056](https://orcid.org/0000-0003-0768-0056)*

²*Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
Saint-Petersburg, Russia*

Corresponding e-mail: herbar@yandex.ru

Summary: this paper presents the results of upgrading the VIR Herbarium database and converting it to online mode. A table of sample includes data according to 47 fields combined in separate blocks. It is possible search for and select samples by taxon name, view the sample label and demo version of the image. The app will be available on the VIR website (www.vir.nw.ru).

Keywords: Herbarium VIR (WIR), cultivated plants and their wild crop relatives, data base, digital herbarium

Гербарий Всероссийского института генетических ресурсов им. Н. И. Вавилова (WIR) является специальной коллекцией особого назначения, где главными объектами хранения являются культурные растения и их дикие родичи, а также сорные растения. Главное назначение гербарной коллекции – отражать систематическое, географическое и сортовое разнообразие мировой культурной флоры и ее динамику.

Гербарий ВИР на сегодняшний день содержит около 140 тыс. образцов в количестве 370 тыс. гербарных листов и состоит из нескольких подразделений:

1) Основной гербарий. В фонде представлены образцы сортов возделываемых растений из разных стран мира, как селекционные, так и староместные. Здесь же сосредоточены образцы дикорастущих родичей культурных растений, представленные во всем объеме внутривидовой изменчивости. Наиболее широко представлены семейства *Рoасеае*, *Rosaceae* и *Fabaceae*: они составляют примерно треть гербарной коллекции.

2) Гербарий общего назначения. Включает таксоны, не входящие в основную тематику ВИРа, но представляющие интерес с точки зрения потенциального использования (декоративные, лекарственные, пищевые, медоносные и др.).

3) Гербарий сорных растений. Отражает видовой состав сегетальных и рудеральных растений сельскохозяйственных культур России и сопредельных стран.

4) Типовой гербарий. Представлен коллекцией номенклатурных типов, включающих как виды, так и таксоны внутривидового ранга.

5) Обменный гербарий. Специальный дублетный фонд, целенаправленно созданный для обмена гербарными образцами с другими ботаническими учреждениями (Смекалова и др., 2012).

Создание БД и ИПС «Гербарий ВИР» было начато в 1995 году в Fox Pro 2.6 для DOS, тогда работа проводилась только с типовым фондом (Лунева и др., 1997; Смекалова, Чухина, 2006). В 2005 году БД была переведена в Fox Pro 2.6 для Windows, началась регистрация образцов Основного фонда, в БД вносились только новые поступления. Регистрация гербарных образцов Основного фонда была начата в 2013 году одновременно с научной инвентаризацией отдельных семейств. Научная инвентаризация включает сверку и восстановление информации на этикетке гербарного листа и карточке в картотеке.

Работа с устаревшими программами была медленной и неудобной, к тому же назрела необходимость создания интернет-версии БД для облегчения доступа к гербарным фондам удаленных пользователей. Весной 2016 года начата работа по созданию современной онлайн-версии базы данных Гербария ВИР. Новая версия БД создана в SQL Server – SQL Server 2017 Express, интерфейс разработан на ASP.NET MVC 5, в качестве сервера приложений используется IIS7, серверная часть реализована на языке C#. Для создания интерактивного пользовательского интерфейса используется технология AJAX, позволяющая производить обмен данными между браузером и веб-сервером в фоновом режиме без полной перезагрузки веб-страницы.

Ввод и представление данных были существенно переработаны для унификации информации. Для каждого образца создается электронная карточка, данные в которой структурированы по 47 полям, объединенным в отдельные блоки (таксономические категории, географические сведения, описание фитоценоза, данные об экспедиции и др.). В большинстве случаев данные вносятся из специальных справочников (таксономический, географический, справочник организаций, экспедиций, коллекторов и др.) при помощи выпадающих списков. Например, при внесении латинского названия таксона выбирается семейство, затем на основе выбранного семейства подгружаются значения в выпадающий список «Роды», далее таким же образом создается список внутри рода и вида.

Для каждого образца в БД предусмотрено внесение цифровых изображений. Для реализации этой задачи в 2016 году был приобретен сканер ЭЛАР ПланСкан А2В-400. Сканируются гербарные образцы из фонда, прошедшие научную инвентаризацию и регистрацию в БД, а также новые поступления. В каждом образце для сканирования выбирается один гербарный лист с наибольшим количеством типичных таксономических признаков. Изображение сохраняется в двух вариантах: 150 dpi (~0,3 Mb) для открытого доступа и 400 dpi (~20 Mb), для предоставления в пользование по персональным запросам.

Для удобства анализа данных существует возможность экспорта выборок в Excel, для чего используется библиотека EPPlus, позволяющая генерировать Excel-отчеты на сервере. При регистрации образца возможно создание и экспорт в Word карточки и этикетки образца с последующей печатью. Ведется история редактирования данных, где фиксируются любые изменения данных, дата изменения и фамилия пользователя. Кроме этого, при наличии географических координат в карточке образца, точку сбора можно визуализировать с помощью карт Google.

В открытом доступе возможен поиск и выборка образцов по названию таксона, просмотр этикетки образца и демоверсии изображения. Введение данных, редактирование записей и

создание выборок по запросам доступны для авторизованных пользователей группы «Куратор». Приложение будет доступно на сайте ВИР (www.vir.nw.ru).

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно бюджетным проектам ВИР по теме «Раскрытие потенциала и разработка стратегии рационального использования генетического разнообразия ресурсов кормовых культурных растений и их диких родичей, сохраняемого в семенных и гербарных коллекциях ВИР» (№ 0662-2020-0005) на базе Гербарной коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (WIR).

Литература

- Лунева Н. Н., Лебедева Е. Г., Чухина И. Г. Информационно-поисковая система «Гербарий ВИР»: метод. указания. СПб.: Изд-во ВИР, 1997. 46 с.
- Смекалова Т. Н., Багмет Л. В., Чухина И. Г. Гербарий ВИР им Н. И. Вавилова (WIR) и его роль в решении проблем мобилизации, сохранения и изучения генетических ресурсов растений // Труды по прикладной бот., ген. и сел. 2012. Т. 169. С. 180–192.
- Смекалова Т. Н., Чухина И. Г. Электронная коллекция «Номенклатурные типы в Гербарии ВИР (WIR)» // Информационные системы и WEB-порталы по разнообразию видов и экосистем: материалы Международного симпозиума. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 48–50.

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПОСЛЕДСТВИЙ ДЕГРАДАЦИИ ЭКОСИСТЕМ БАСЕЙНА БАЙКАЛА НА ОСНОВЕ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА СЕТИ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛИГОНОВ

Бажа С. Н.¹, Андреев А. В.¹, Басхаева Т. Г.², Богданов Е. А.¹, Данжалова Е. В.¹,
Дробышев Ю. И.¹, Петухов И. А.¹, Рупышев Ю. А.³, Убугунова В. И.³,
Хадбаатар С.⁴, Цыремпилов Э. Г.³

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия*

²*Бурятский государственный университет, Улан-Удэ, Россия*

³*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия*

⁴*Монгольский государственный университет образования, Улан-Батор, Монголия*

ANALYSIS OF THE CAUSES AND CONSEQUENCES OF THE DEGRADATION OF THE BAIKAL BASIN ECOSYSTEMS BASED ON LONG-TERM MONITORING OF THE MODEL POLYGONS NETWORK

Bazha S. N.¹, Andreev A. V.¹, Baskhaeva T. G.², Bogdanov E. A.¹, Danzhalova E. V.¹,
Drobyshev Yu. I.¹, Petukhov I. A.¹, Rupyshev Yu. A.³, Ubugunova V. I.³,
Khadbaatar S.⁴, Tsyrempilov E. G.³

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Buryat State University, Ulan-Ude, Russia*

³*Institute of General and Experimental Biology, Ulan-Ude, Russia*

⁴*Mongolian State University of Education, Ulaanbaatar, Mongolia*

Corresponding e-mail: monexp@mail.ru

Summary: the basis of monitoring is a network of polygons and key sites chosen in areas of high environmental stress in Baikal basin, where large-scale mapping is carried out and a complex of landscape and soil-geobotanical studies is carried out. In addition, the degree of disturbance of the environment is assessed, degradation factors are identified and the nature of degradation processes is established.

Keywords: monitoring, ecological mapping, ecosystem degradation, Baikal basin

Введение

Бассейн Байкала, расположенный на территории двух государств – России и Монголии, обладает уникальным для северной Палеарктики богатством флористико-фаунистического состава и разнообразием экосистем и ландшафтов. Практически все экосистемы исследуемого региона в той или иной степени испытывают антропогенное воздействие, причем в последнее время наблюдается тенденция к его усилению на фоне снижения устойчивости природных комплексов. Последнее вызвано не только постоянно возрастающей хозяйственной нагрузкой на окружающую среду, но и природными процессами, среди которых, в частности, можно отметить общую аридизацию климата.

Оценка прямых и обратных связей между деятельностью людей и состоянием окружающей среды возможна только при проведении мониторинговых работ на специально выбранных для этих целей территориях. Основанием для этого является соблюдение главных

принципов, заложенных в концепции глобального оперативного контроля за состоянием природной среды при организации регионального экологического мониторинга (Израэль, 1979; Гунин и др., 2015):

- комплексности показа основных компонентов экосистем (рельеф, почвенный покров, растительные сообщества в их взаимосвязи при определении классификационного положения экосистем);
- одновременности, которая достигалась фиксацией состояния всех экосистем на единый момент времени экологического картографирования;
- системности при разработке базовых карт, включающих пространственное распределение экосистем в их современном состоянии с показом их антропогенной нарушенности.

Материалы и методы

Исследования деградационных процессов в основных типах наземных автоморфных (горно-лесных, горно-лесостепных, степных) и гидроморфных (пойменно-долинных, котловинно-приозерных) экосистем проводилось на серии репрезентативных модельных полигонов и ключевых участках, выбранных в зонах повышенной экологической напряженности, расположенных в российской и монгольской частях бассейна Байкала. В качестве основных типов хозяйственного воздействия взяты лесохозяйственный, сельскохозяйственный (пастбищный, земледельческий), горнопромышленный и рекреационный.

Главными объектами изучения и оценки степени развития опасных деградационных процессов служат природно-территориальные комплексы или геосистемы, выделенные нами на основе крупномасштабного геоинформационного ландшафтно-экологического картографирования. С этой целью для каждого полигона подбирались материалы дистанционного зондирования Земли с высоким и очень высоким разрешением (0.5–2.5 м), на основе которых проводились полевые работы для определения структурной организации экосистем, включающие их инвентаризацию, оценку их состояния и распространения деградационных процессов.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования позволили нам выделить на территории бассейна Байкала следующие основные экологические проблемы:

- усыхание сосновых лесов, имеющих окраинный или островной характер, и гибель искусственных полейзащитных лесополос из сосны обыкновенной и тополя бальзамического на полигоне «Баргузин»;
- формирование на поверхности залежных каштановых почв песчаного состава супесчано-суглинистой корочки с развитым мохово-лишайниковым покровом на полигоне «Баргузин»;
- обезлесивание, или формирование на вырубках и гарях бореальных лесов кустарниковых сообществ из *Armeniaca sibirica*, *Amygdalus pedunculata*, *Betula fusca*, *Dasiphora fruticosa*, *Spiraea aquilegifolia*, *S. media*, *Caragana bungei*, *C. spinosa* на полигонах «Дзунбурэн-Шамар», «Тосонцэнгэл», «Салхит» и ключевых участках «Шарынгол», «Борнур», «Налайх», «Дзунмод»;
- инвазии опасных алкалоидных видов растений (*Cannabis sativa*, *Ephedra sinica*, *Peganum nigellastrum*, *Artemisia adamsii*) на полигонах «Салхит», «Унджул»;

- закустаривание пастбищных степных экосистем, при котором коренные доминанты замещаются кустарниками и полукустарничками (*Caragana microphylla*, *C. stenophylla*, *Artemisia frigida*, *A. changaica*, *Amygdalus pedunculata*) на полигонах «Унджул», «Дзунбурэн-Шамар», «Сэргэлэн»;
- опустынивание экосистем с песчано-щебнистыми почвами, при котором происходит разрушение дернового горизонта и формирование эолового рельефа с пустынно-степными псаммофитами (*Agriophyllum pungens*, *Allium polyrrhizum*, *Corispermum mongolicum*, *Psammochloa villosa*, *Peganum nigellastrum*) на полигоне «Унджул»;
- обеднение пастбищных сообществ гидроморфных экосистем и разрастание малопоедаемых и непоедаемых видов (*Iris bungei*, *I. lactea*, *I. dichotoma*, *Artemisia laciniata*, *A. adamsii*, *A. commutata*, *Potentilla acaulis* в деградированных экосистемах на полигонах «Сэргэлэн», «Налайх» и ключевом участке «Алтанбулаг»;
- деградацию богарных земель с почвами легкого состава на полигонах «Баргузин», «Дзун-Бурэн-Шамар», «Салхит», «Сант» и ключевом участке «Усть-Киран».

Заключение

Проведенные исследования по крупномасштабному ландшафтно-экологическому картографированию модельных полигонов и ключевых участков бассейна Байкала позволили охватить основные типы наземных экосистем и не только составить их инвентаризационный перечень, но и определить пространственное распределение факторов и процессов их дестабилизации и распределение участков экосистем, находящихся на разных стадиях дестабилизации, т.е. различно нарушенных, в основном антропогенным воздействием, а также позволили провести детализацию механизмов развития этих процессов (Бажа и др., 2008, 2012, 2015, 2018; Гунин и др., 2012, 2015, 2018; Убугунов и др., 2017; Gunin, Bazha, 2004).

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-29-05019 офи_м «Опасные дегра-дационные процессы и их роль в формировании антропогенно-трансформированных ландшафтов в бассейне Байкала».

Литература

- Бажа С. Н., Баясгалан Д., Гунин П. Д., Данжалова Е. В., Дробышев Ю. И., Казанцева Т. И., Прищепа А. В., Хадбаатар С. Особенности пастбищной дигрессии степных экосистем Центральной Монголии // Ботанический журнал. 2008. Т. 93. № 5. С. 657–681.
- Бажа С. Н., Гунин П. Д., Данжалова Е. В., Дробышев Ю. И., Казанцева Т. И., Ариунболд Э., Мягмарсүрэн Д., Хадбаатар С., Цэрэнханд Г. Инвазийные сукцессии как индикатор опустынивания сухих степей на примере Центральной Монголии // Российский журнал биологических инвазий. 2015. Т. 8. № 3. С. 2–21.
- Бажа С. Н., Гунин П. Д., Концов С. В. Опыт исследования гидротермического режима темно-каштановых почв Центральной Монголии // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 1 (50). С. 47–59.
- Бажа С. Н., Данжалова Е. В., Дробышев Ю. И., Хадбаатар С. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала. М.: КМК. 2018. 402 с.
- Гунин П. Д., Бажа С. Н., Данжалова Е. В., Дмитриев И. А., Дробышев Ю. И., Казанцева Т. И., Микляева И. М., Огуреева Г. Н., Слемнев Н. Н., Титова С. В., Ариунболд Э., Батцэрэн Ц., Жаргалсайхан Л. Распространение *Ephedra sinica* Stapf. в экосистемах сухих степей Восточной и Центральной Монголии // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 1 (50). С. 26–46.
- Гунин П. Д., Дугаржав Ч., Востокова Е. А., Саандарь М., Панкова Е. И., Адъяа Я., Бажа С. Н., Доржсүрэн Ч., Андреев А. В., Воробьев К. А., Петухов И. А., Огуреева Г. Н., Микляева И. М., Дорофеюк Н. И., Оюунгэрэл Ж., Энхтайван Д., Оюунгэрэл Б., Даш Д. Атлас «Экосистемы Монголии» как научная основа экологического мониторинга // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-

- экономического развития: материалы Международной конференции. Т. 1. Улан-Батор: “Terkhchandmani” Co., Ltd, 2015. С. 32–35.
- Гунин П. Д., Убугунов В. Л., Рупышев Ю. А., Убугунова В. И., Бажа С. Н., Балсанова Л. Д., Балданов Б. Ц., Буянтуева Л. Б., Харпухаева Т. М., Холбоева С. А., Петухов И. А., Цыремпилов Э. Г. О роли биотических и абиотических факторов в процессах закоривания почв залежных земель Баргузинской котловины // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 3 (76). С. 11–24.
- Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 375 с.
- Убугунов В. Л., Гунин П. Д., Бажа С. Н., Дробышев Ю. И., Убугунова В. И. Иссущение почв как показатель опустынивания лесостепных экосистем Баргузинской котловины // Аридные экосистемы. 2017. Т. 23. № 3. С. 17–31.
- Gunin P. D., Bazha S. N. Ecological assessment of degradation processes in the Mongolian part of Baikal basin // Conserving biodiversity in arid regions. Boston; Dordrecht; London: Kluwer Academic Publishers, 2003. P. 157–178.

ОБ ОЦИФРОВКЕ БРИОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ГЕРБАРИЯ УИБ УФИЦ РАН (UFA)

Баишева Э. З., Бикташев Т. У., Валитова Л. А.

Уфимский Институт биологии РАН, Уфа, Россия

ON DIGITALIZATION OF BRYOLOGICAL COLLECTION OF THE HERBARIUM OF UFA INSTITUTE OF BIOLOGY OF UFRC RAS (UFA)

Baisheva E. Z.¹, Biktashev T. U.², Valitova L. A.³

¹*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-0002-012X*

²*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-9683-1997*

³*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0001-8605-1519*

Corresponding e-mail: elvbai@mail.ru

Summary: the open information and analytical web geographic information system is being developed now to improve the study, monitoring and protection of bryophyte diversity in the Republic of Bashkortostan (the Southern Urals region) and to share bryological data between the botanists from Ufa Institute of Biology and other research groups. The digitalization of bryological collection of the Herbarium of UIB UFRC RAS (acronym UFA) is aimed to supply all available data on bryophyte specimens (label details, label image, GPS-coordinates, etc.) for open access via web-site.

Keywords: bryophytes, biodiversity, web services, information system, Southern Urals

Биологические коллекции являются основой исследований в области инвентаризации биологического разнообразия, экологии видов и охраны природы. В настоящее время, благодаря активному развитию информационных технологий и оцифровке биологических коллекций, значительно расширяются возможности объединения разрозненных сведений в единую информационную систему, что позволяет проводить масштабные исследования на большом количестве биологических объектов и в полной мере использовать огромный научно-технический потенциал данного ресурса для решения широкого спектра фундаментальных и практических задач (Каменский и др., 2016). Оцифровка гербарных коллекций необходима для исследований динамики флоры, проведения таксономических ревизий, уточнения распространения таксонов, недавно изменивших свой статус, составления видовых списков для территорий разного ранга и др.

В России создание электронных коллекций и оцифровка образцов начали проводиться относительно недавно. Лидером этого процесса является электронный гербарий Московского государственного университета (MW), созданный совсем недавно (Серегин, 2017), в открытом

доступе представлены данные цифрового гербария ЦСБС СО РАН (Kovtonyuk et al., 2018). В открытом доступе находятся материалы из баз данных по флоре мхов России (Ivanov et al., 2017), базы криптогамных растений ПАБСИ (Davydov et al., 2018) и др. Сведения о размещенных на этих ресурсах образцах частично представлены в Глобальной информационной системе о биоразнообразии (GBIF).

В Уфимском Институте биологии УФИЦ РАН в настоящее время проводится разработка информационно-аналитической веб-ГИС о биоразнообразии мохообразных Республики Башкортостан, в которой планируется обобщить и предоставить для открытого доступа все данные по бриофлоре региона.

Разработанная функциональная структура ГИС состоит из: 1) подсистемы ввода/вывода (карты, табличные данные с информацией о местонахождении вида с точными координатами, источнике данных (гербарный образец, геоботаническое описание, литературные данные и др.), характеристике местообитания, типе местообитания по системе EUNIS и др.); 2) подсистемы справочной информации (содержит список таксонов с принадлежностью к семействам, родам и отделам, авторство видов, перечень местообитаний EUNIS с расшифровкой данных, список литературы); 3) подсистемы хранения пространственных и атрибутивных данных (для хранения пространственных данных используется свободно распространяемая многопользовательская СУБД PostgreSQL с модулем PostGIS); 4) подсистемы обработки и анализа пространственных данных (предусматривает статистическую обработку и вывод данных о разнообразии видов на карте в ячейках сетки размером 10×11 км и 1.0×1.1 км); 5) подсистемы подготовки и представления выходных данных (производит выгрузку таблиц с первичными атрибутивными данными в формате CSV) (Biktashev et al., 2019).

Для построения сеток использовался набор модулей GRASS GIS, а для создания из точечных слоев выявленных местообитаний объектов (видов растений, растительных сообществ и т.д.) полигональных слоев их нахождения в квадратах созданных сеток, был написан специальный модуль, ускоряющий процедуру их нахождения по сравнению со стандартными средствами. Таким образом, нахождение каждого вида растения или другого объекта картирования отражается в ГИС-проекте в трех слоях – точечном и двух полигональных (с размером квадратов $6' \times 10'$ и $36'' \times 1'$). Информация, относящаяся к местонахождениям объекта, хранится в атрибутивных таблицах без геопривязки, которые при необходимости присоединяются по столбцу, содержащему уникальные номера точек нахождения вида. Формат хранения данных карты – СУБД SQLite с расширением для пространственных данных SpatiaLite (Бикташев и др., 2019).

В 2019 г. проводились разработка и апробация в тестовом режиме веб-версии информационно-аналитической ГИС-системы, выполнены подготовка дизайн-макета веб-приложения, включая иллюстрированную, функциональную и декоративную графику; HTML-верстка макета, включая достижение корректности отображения страниц сайта при разных разрешениях экрана и единообразности отображения страниц сайта в наиболее популярных браузерах. Сайт корректно работает на популярных браузерах Google Chrome и Mozilla Firefox (от использования семейства браузеров Internet Explorer было решено отказаться по причине сложности поддержки верстки и расположения элементов сайта на странице).

В рамках проекта осуществляется оцифровка биологической коллекции Гербария УИБ УФИЦ РАН (международный акроним – UFA), основная часть которой начала формироваться в начале 1990-х годов. В настоящее время объем коллекции превышает 11 000 образцов. На стартовой странице рабочей версии сайта представлена информация о литературных источниках по мохообразным Республики Башкортостан (РБ) с возможностью

загрузки некоторых сканов. Для перехода к виду необходимо с помощью активной кнопки выбрать отдел – мхи (Bryophyta) или печеночники (Marchantiophyta), после выбора отдела можно увидеть составленный в алфавитном порядке перечень видов, выявленных на территории РБ. При переходе на страницу вида представлена информация о его латинском названии с авторством в соответствии со списком мхов Европы (Hill et al., 2006) и мировым чек-листом печеночников (Söderström et al., 2015), русское название, названия синонимов (как правило, базионим), указан первоисточник, в котором вид был впервые приведен для территории РБ. Ниже расположена карта, где в больших (со сторонами 10 × 11 км) и малых (со сторонами 1 × 1.1 км) прямоугольных ячейках сетки отражены введенные в базу местонахождения вида. При укрупнении карты и выборе большой или малой ячейки всплывает активная кнопка с ID вида, обозначением наименования ячейки и активной кнопкой «Подробнее», при нажатии которой под картой можно увидеть в виде таблицы информацию о находке вида в данном локалитете (источник данных – геоботаническое описание или гербарный образец), дату сбора, имя коллектора, широту и долготу местонахождения в десятичном формате в системе координат WGS 84, название административного района, краткое описание местонахождения и местообитания. Для гербарного образца предусмотрен вывод фотоэтикетки.

Внизу имеется активная кнопка «Экспорт местонахождений вида», предоставляющая возможность формирования для выгрузки CSV-файла с информацией по всем загруженным на сайт находкам вида на территории республики.

Оцифровка и предоставление в открытом онлайн-доступе биологических коллекций необходимы для интеграции научных исследований, во много раз увеличивают уровень востребованности региональных данных, повышают возможности использования информации по отдельным таксономическим группам при изучении структуры и динамики растительного покрова разных по размеру территорий и могут быть использованы для решения широкого круга научных и природоохранных задач.

Благодарности

Работа по оцифровке гербарных образцов мохообразных проводится при поддержке гранта РФФИ № 18-04-00641. Разработка программного обеспечения частично поддержана государственным заданием Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190060-6.

Литература

- Бикташев Т. У., Баишева Э. З., Федоров Н. И. Об основе для сеточного картирования флоры, растительности и биоресурсов Республики Башкортостан // *Естественные и технические науки*. 2019. № 10. С. 139–143.
- Каменский П. А., Сазонов А. Э., Федянин А. А., Садовничий В. А. Биологические коллекции: стремление к идеалу // *Acta Naturae*. 2016. Т. 8. № 2 (29). С. 6–10.
- Серегин А. П. Цифровой гербарий МГУ – крупнейшая российская база данных по биоразнообразию // *Известия РАН. Сер.: Биологическая*. 2017. № 6. С. 30–36. DOI: [10.7868/S0002332917060042](https://doi.org/10.7868/S0002332917060042)
- Biktaşev T. U., Fedorov N. I., Baisheva E. Z. About the Project of the Web GIS “Electronic Atlas of Bryophytes of the Republic of Bashkortostan” // Bychkov I., Voronin V. (eds.). *Proceedings of the International Conference “Information Technologies in the Research of Biodiversity”*, 11–14 September, 2018, Irkutsk, Russia. Springer, 2019. P. 80–85. DOI: [10.1007/978-3-030-11720-7_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7_12)
- Davydov D., Borovitchev E., Fedorov R., Konstantonova N., Melekhin A., Schalygin S. Development perspectives of CRIS // *Abstracts of the conference “Information Technologies in the Research of Biodiversity” (BIT-2018)*. Irkutsk: ISDCT SB RAS, 2018. P. 50–51.
- Hill M. O., Bell N., Bruggeman-Nannenga M. A. et al. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia // *Journal of Bryology*. 2006. V. 28. P. 198–267. DOI: [10.1179/174328206X119998](https://doi.org/10.1179/174328206X119998)

- Ivanov O. V., Kolesnikova M. A., Afonina O. M., Akatova T. V., Baisheva E. Z., Belkina O. A., Bezgodov A. G., Czernyadjeva I. V., Dudov S. V., Fedosov V. E., Ignatova E. A., Ivanova E. I., Kozhin M. N., Lapshina E. D., Notov A. A., Pisarenko O. Yu., Popova N. N., Savchenko A. N., Teleganova V. V., Ukrainskaya G. Yu., Ignatov M. S. The database of the moss flora of Russia // *Arctoa*. 2017. V. 26. P. 1–10. DOI: [10.15298/arctoa.26.01](https://doi.org/10.15298/arctoa.26.01)
- Kovtonyuk N., Han I., Gatilova E. Virtual herbarium collections of the Central Siberian Botanical Garden as a resource for biodiversity study // Abstracts of the conference “Information Technologies in the Research of Biodiversity” (BIT-2018). Irkutsk: ISDCT SB RAS, 2018. P. 114–115.
- Söderström L., Hagborg A., van Konrat M. et al. World checklist of hornworts and liverworts // *PhytoKeys*. 2015. V. 59. P. 1–828. DOI: [10.3897/phytokeys.59.6261](https://doi.org/10.3897/phytokeys.59.6261)

**БАЗА ДАННЫХ АЛЬПИНАРИЯ БОТАНИЧЕСКОГО САДА
ПЕТРА ВЕЛИКОГО БИН РАН**

Баранова О. Г.¹, Сластунов Д. Д.²

¹*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

²*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,
Санкт-Петербург, Россия*

**ROCK GARDEN OF BOTANICAL GARDEN OF PETER THE GREAT
BIN RAS COLLECTION DATABASE**

Baranova O. G.¹, Slastunov D. D.²

¹*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia,*

ORCID: [0000-0002-2964-0832](#)

²*Saint-Petersburg State Forestry University, Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: [0000-0002-8933-057X](#)*

Corresponding e-mail: OBaranova@binran.ru

Summary: in modern world a value of botanical collection databases in botanical gardens workflow rapidly expands. Since 2018 in Rock Garden of Botanical Garden of Peter the Great BIN RAS a modern and complex web-based collection database is being developing.

Keywords: botanical garden, collections, database

Как справедливо отметил Джексон Вайс (Wyse, 1999, p. 27), «ботаническими садами являются организации, имеющие документированные коллекции живых растений и использующие их для научных исследований, сохранения, демонстрации и образования». Документирование коллекций на бумажных носителях, как это традиционно делалось в ботанических садах мира, в настоящее время достаточно проблематично из-за большого объема поступающих живых растений и их частей, а также анализа уже имеющейся исторической информации об коллекционных образцах. Следует отметить, что в России еще в прошлом веке в Главном ботаническом саду была предпринята попытка создания информационно-поисковой системы, содержащей развернутые сведения о коллекциях растений в ботанических садах СССР (Кузьмин и др., 1979). В начале XXI века для ботанических садов России была разработана информационная система «Калипсо» (Прохоров и др., 2001), которой стали пользоваться для регистрации коллекционных фондов в некоторых ботсадах России. В Ботаническом саду Петра Великого она тоже функционирует, но только для учета образцов оранжерейных растений. Несомненно, высока значимость внедрения современных информационных технологий, как для регистрации, так и для ведения научных исследований по отдельным коллекциям в ботаническом саду и для создания единой информационно-поисковой системы его коллекционных фондов в целом. Ныне такие сведения разбросаны по отдельным коллекциям, причем зачастую базы данных коллекционных фондов, имеющиеся у кураторов, несовместимы.

Поэтому основная цель – это разработка общей информационной базы данных для коллекционного фонда Ботанического сада Петра Великого, необходимой для документирования живых образцов растений и для анализа научных наблюдений над ними.

Идея создания такой базы данных появилась в 2018 г. и выполнена почти в полном объеме пока на примере коллекции альпийских горок. База разрабатывается в виде веб-приложения, позволяющего осуществлять одновременный многопользовательский доступ ко всем функциям из любой точки с подключением к сети Интернет. Доступна также работа с мобильных устройств. Поддерживается загрузка медиафайлов к любым записям.

Данные разбиты на 7 взаимосвязанных разделов (образцы, места посадок, источники посадочного материала, персоны, литературные источники, таксоны и административные регионы). Основной особенностью базы является событийно-ориентированная парадигма – все элементарные действия или события, происходящие с образцами в коллекции, фиксируются в виде отдельных объектов-событий, путем анализа которых программными методами можно вычислить состояние коллекции на любую дату в прошлом, а также проследить динамику коллекции за любой период. Доступно, в том числе, ведение фенологических наблюдений и анализа состояния образцов с любой степенью подробности. Основными используемыми событиями являются события посадки, пересадки, возобновления, прорастания из семян, пересчета куртин в экземпляры, наблюдения, операции и выпада.

За счет жесткой системы ссылок между элементами и расширенного набора доступных к вводу полей (суммарное количество доступных к редактированию полей всех разделов базы – 120) становится возможным построение запросов для получения отчетов о коллекции любой сложности. В программе реализован специализированный интерфейс, позволяющий быстро выполнять комплексные запросы ко всей обширной структуре данных.

Дерево таксономической иерархии в программе строится динамически, используя систему синонимических и иерархических ссылок. Благодаря этому становится возможным легкое редактирование системы научных названий и построение собственного чек-листа.

Таксономическая система полностью независима от данных образцов – каждый образец при этом может иметь несколько определений, и при изменении номенклатурных статусов названий растений нет необходимости изменять названия в определениях отдельных образцов – достаточно изменить статусы названий в таксономической системе. К каждому образцу есть возможность прикрепить иллюстративный материал с места посадки, который позволяет в случае необходимости отправлять его для идентификации узким специалистам по электронной почте.

Для количественного подсчета объема коллекции используются одновременно три единицы измерения: экземпляры, куртины и группы семян. Каждый образец одномоментно может содержать любое количество элементов разных единиц.

В программе базы данных применено разделение прав пользователей, различные данные можно защитить как от просмотра, так и от редактирования отдельными категориями пользователей. Публично открытые разделы базы при этом легко индексируются поисковыми системами в сети Интернет.

История создания Альпинария насчитывает более 100 лет, причем документированный учет коллекции в настоящее время имеется с 1930-х годов, и есть живые растения, посадка которых осуществлена в 1928 г. По данным инвентаризации на начало XXI века, в коллекции Альпинария насчитывалось почти 800 таксонов в ранге видов и внутривидовых таксонов. В коллекции собраны представители 94 семейств почти 370 родов высших споровых, голосеменных и цветковых растений (Ткаченко, 2014).

В настоящий момент в базу данных альпинария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН введены сведения о 1 355 образцах, относящихся к 69 порядкам, 96 семействам, 374 родам, 897 видам, 8 подвидам, 7 разновидностям, 8 формам и 1 сорту. Также сохранены исторические данные о 980 образцах уже выпавших из коллекции альпийских горok в различные годы. Количество мест посадки – 1 796. Введено около 4 500 событий. Доступен легкий вывод требуемой отчетности, в том числе полного таксономического дерева коллекции с приведением объемов образцов по каждому таксону, а также таксономического дерева «краснокнижных» таксонов. Причем учетом охвачены не только образцы видов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, но и образцы видов, занесенных в региональные Красные книги.

Таким образом создана удобная для работы база данных для получения моментальной информации о количественном и качественном состоянии отдельных образцов коллекции живых растений Альпинария ботанического сада, а при полном заполнении информации можно будет получить данные о других коллекциях и обо всем коллекционном фонде Ботанического сада Петра Великого.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В. Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)», № АААА-А18-118032890141-4.

Литература

- Кузьмин З. Е., Швецов А. Н., Колганов А. А. База данных по коллекционным растениям ботанических садов и дендрариев // Бюллетень Главного ботанического сада. 1997. Т. 175. С. 44–48.
- Прохоров, А. А., Нестеренко М. И., Андриусенко В. В. Использование системы «Калипсо» для регистрации коллекционных фондов ботанических садов и гербариев // Hortus Botanicus. 2001. № 1. С. 69–77. URL: http://hb.karelia.ru/files/redaktor_pdf/1366061436.pdf
- Ткаченко К. Г. Альпинарий Ботанического сада Петра Великого. История создания и принципы формирования коллекции // Hortus Botanicus. 2014. Т. 9. DOI: [10.15393/j4.art.2014.2181](https://doi.org/10.15393/j4.art.2014.2181)
- Wyse J. P. S. Experimentation on a Large Scale – An Analysis of the Holdings and Resources of Botanic Gardens // BGCNews. Botanic Gardens Conservation International. 1999. V. 3. № 3. P. 27.

**ОЦИФРОВКА ФОНДОВ ГЕРБАРИЯ
ИМ. ПРОФЕССОРА Б. М. КОЗО-ПОЛЯНСКОГО
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА (VOR):
НАЧАЛО РАБОТЫ**

Беденко А. Б.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**HERBARIUM OF THE VORONEZH STATE UNIVERSITY (VOR)
NAMED AFTER PROFESSOR B. M. KOZO-POLYANSKY:
THE BEGINNING OF WORK ON DIGITALIZATION OF FUNDS**

Bedenko A. B.

Voronezh State University, Voronezh, Russia

Corresponding e-mail: annabedenk@mail.ru

Summary: herbarium named after professors B. M. Kozo-Polyansky (VOR) Voronezh State University contains about 90 000 herbarium specimens. These 25 000 labels have been converted to electronic format. The process of scanning herbarium has begun. The site of the Digital Herbarium VOR has been created.

Keywords: herbarium, Kozo-Polyansky, herbarium specimens, electronic format., VOR, Digital Herbarium

Гербарий им. профессора Б. М. Козо-Полянского (VOR) кафедры ботаники и микологии медико-биологического факультета Воронежского государственного университета имеет 100-летнюю историю, он создан в 1918 году на базе поступившей из города Дерпта в Воронеж коллекции Гербария ботанического сада Юрьевского университета (Щербаков, 2017). Его фонды включают в себя сборы сосудистых растений не только Воронежской области, но и сопредельных регионов, а также содержат образцы из различных областей России и других государств. Помимо этого, существуют коллекции мхов, лишайников и микологический раздел. Имеется исторический фонд, в основе которого лежат образцы Юрьевского университета. Всего в Гербарии хранится около 90 000 образцов, ежегодно фонды пополняются новыми сборами.

Гербарий им. профессора Б. М. Козо-Полянского (VOR) – постоянно востребованная коллекция, с которой работают сотрудники и учащиеся не только из Воронежского госуниверситета, но и специалисты из других вузов и научных организаций России.

В 2007 году была начата работа по созданию электронной базы данных, сначала был разработан простой каталог в программе Word, затем в 2015 году была создана база данных в программе Access. В электронный формат была переведена информация примерно с 25 тысяч гербарных этикеток.

В настоящее время наиболее востребованы данные Основного фонда Гербария, который включает в себя сборы из 116 семейств, 659 родов и 2 342 видов – всего около 40 000 образцов. За несколько последних лет, используя эти сведения, был издан, помимо большого количества статей, ряд монографий – это Красная книга Воронежской области (2018), Кадастр сосудистых растений, охраняемых на территории Воронежской области (2019), Редкие сосудистые растения Бассейна Вороны: Кадастр (2018). Информация о гербарных сборах Гербария VOR постоянно используется и запрашивается сотрудниками различных научных учреждений и вузов, поэтому

в 2018 году была начата работа по оцифровке коллекции. Каждому гербарному листу был присвоен уникальный номер образца, что позволило точно подсчитать количество вложений в Основном фонде.

Сканирование образцов производится при помощи бесконтактного сканера ScanSnap SV600. На данный момент оцифровано около 5 000 гербарных листов избранных семейств (Ranunculaceae, Brassicaceae, Rosaceae, Paraveraceae и ряд семейств из однодольных). Изображения сохраняются в формате JPG.

Для широкого доступа к оцифрованным данным гербария, на сервере Центра обработки данных ВГУ было развернуто программное обеспечение «База данных гербарной коллекции», разработанное сотрудником Ботанического института имени В. Л. Комарова Российской академии наук Дмитрием Сластуновым. Эта программа позволяет вносить сканы гербарных листов и данные с гербарных этикеток; содержит в памяти справочную информацию, полный список таксонов, имеет удобную графу поиска по любому ключевому слову, конвертирует выборки в формат Word и Excel.

При внесении сведений в цифровой гербарий осуществляется полная расшифровка гербарных этикеток, поиск реальных мест сбора, когда данные устарели или используются жаргонизмы. Указываются координаты ближайшего населенного пункта. Помимо этого, есть обратная связь, и пользователь всегда может написать замечания по любому из образцов.

С цифровым Гербарием им. профессора Б. М. Козо-Полянского Воронежского государственного университета (VOR) можно ознакомиться по ссылке <http://herbarium.bio.vsu.ru>.

На данный момент в базе данных на сайте herbarium.bio.vsu.ru размещена информация с 2 500 гербарных листов. Планируются работа по улучшению качества сканирования и дальнейшее пополнение цифрового гербария новыми данными образцов основного фонда, а также создание отдельного раздела для Исторического гербария.

Благодарности

Выражаем благодарность Дмитрию Сластунову за помощь в создании цифрового гербария VOR и Управлению информатизации и компьютерных технологий ВГУ за развёртывание программного обеспечения «База данных гербарной коллекции» на сервере Центра обработки данных и техническую поддержку.

Литература

Щербаков А. В., Агафонов В. А., Рейер Ю., Негробов В. В., Беденко А. Б. История гербария Воронежского государственного университета (VOR) в первой половине XX века // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Химия. Биология. Фармация. Воронеж, 2017. № 2. С. 43–47.

**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ И ЗАБРОШЕННЫХ
ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ, ЗАЛОЖЕННЫХ В XIX–XX ВВ.
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАВОЛЖСКО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

Березина Т. В.

Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

**INVENTORY OF EXISTING AND ABANDONED FRUIT
AND BERRY PLANTATIONS LAID IN THE XIX-XX CENTURIES
ON THE TERRITORY OF THE ZAVOLZHSCO-URAL REGION**

Berezina T. W.

*Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg, Russia*

Corresponding e-mail: gaevskayatatyana@mail.ru

Summary: an inventory of existing and abandoned gardens was conducted on the territory of the Zavolzhsk-Ural region. Inspection of these stands allows you to determine the environmental microconditions necessary for the growth of species of the genus *Malus* Mill. in the conditions of the region. The preserved varieties and forms are resistant to the studied area and can be used in breeding as rootstock forms, as well as for landscaping and creating protective forest belts.

Keywords: apple tree, inventory, environmental microconditions, garden passport, check list

Введение

Культура садоводства появилась в регионе более 200 лет назад, в период освоения края. Первые переселенцы везли с собой различные растения, в т.ч. плодовые культуры. Экологические условия Заволжско-Уральского региона отличаются от условий их природных ареалов. Для региона характерны засушливость, низкие температуры в зимний период, малоснежные зимы, сильные ветры, засоленные почвы, низкая лесистость территории. Несмотря на эти неблагоприятные условия, яблоня натурализовалась и широко распространилась на территории Заволжско-Уральского региона (Савин, 2009). Представители рода *Malus* Mill. встречаются не только в культуре, но и в естественных природных условиях. С течением времени многие сады, заложенные в XIX–XX вв., оказались заброшенными. Одна часть насаждений погибла, а другая часть сохранилась по настоящее время. Сохранности этих садов способствовали благоприятные экологические микроусловия.

Сады, сохранившиеся по настоящее время, представляют собой природное и историко-культурное наследие Евразийских степей. Сады второй, третьей ротации формируют агробиоценозы, нехарактерные для степной зоны. Под пологом сада появляются мезофиты, произрастающие в лесных растительных сообществах *Rubus caesius* L., *Rubus idaeus* L., *Convallaria majalis* L. и др. Плоды заброшенных насаждений служат кормом для диких животных и птиц. Яблони, сохранившиеся в заброшенных садах, проверены временем и являются устойчивым гибридным фондом к местным почвенно-климатическим условиям и

составляют региональный генетический банк устойчивых форм (Савин, 2009; Раченко, 2018; Слепнева, 2018).

Цель работы – изучение видового и формового разнообразия в плодовых насаждениях Заволжско-Уральского региона, изучение экологических микроусловий, необходимых для сохранности представителей рода *Malus* Mill., создание базы данных обследованных насаждений.

Материалы и методы

Изучение плодовых насаждений проводилось с 2010 года в 20 районах Заволжско-Уральского региона Оренбургской области по следующим этапам:

I. Поиск насаждений осуществлялся с помощью архивных материалов, литературных источников, программ SAS.planet, «Яндекс.Карты», Google Maps;

II. Экспедиционные выезды. Сады изучали маршрутным методом. В насаждениях определяли условия произрастания плодовых культур, состояние, сохранность и состав насаждений. Отмечали благоприятные и неблагоприятные экологические факторы. Бонитет насаждений оценивали с учетом методик В. А. Потапова (2000), В. В. Малышенко (1986). С плодовых деревьев состоянием 4–5 баллов, отбирали образцы (плоды или черенки) наиболее интересных форм: устойчивых к климатическим условиям, устойчивых к вредителям и болезням, с обильным урожаем, по размеру плодов, с признаками декоративности по окраске листьев, цветов и мякоти плодов, а также по форме кроны;

III. Камеральная обработка. Видовую и сортовую принадлежность выявляли по классическим определителям рода *Malus* и по электронным базам данных сортов (Атлас плодов, 1906; Пономаренко, 1977; Лихонос, 1983; Лангенфельд, 1991; Рябинина, Князев, 2009; Семакин, 1991; База данных сортов яблони...; Яблонево-сад в Башкирии...; Сорта яблони селекции НИИСС...).

В лабораторных условиях оформляли чек-лист по следующей схеме: дата и место сбора, название вида (подвид, сортотип), высота дерева; форма кроны; цвет коры; тип плодоношения; урожай; состояние дерева по 5-балльной шкале; давали подробное помологическое описание плода, отмечали количество собранных плодов, их общий вес, средний вес 1 плода; описывали вкусовые качества, мякоть. Поперечным разрезом до семенных камер вскрывали плоды и извлекали семена. Проводили описание семенных камер, семян (форма, цвет, размер). Делали отпечаток плодов в продольном и поперечном разрезах, закрепляли листья наружной и внутренней стороной. По данным анализа собранных образцов вели журнал наблюдений. В журнале указывали: название формы, место и дату сбора, урожай (кг) с дерева, среднюю массу плодов, выход семян в %, выход семян с 1 плода, массу 1 000 семян, общее количество семян (Программа и методика сортоизучения..., 1999). Собранные семена и черенки высевали на опытном участке на стационаре «Бузулукский бор» или в «Ботаническом саду ОГУ».

Результаты и их обсуждение

По результатам обследования плодовых насаждений на каждый участок заполняли «паспорт сада». Составление паспорта проводили по следующей схеме: 1) название объекта; 2) место расположения; 3) географические координаты и спутниковый снимок; 4) абсолютная высота; 5) площадь участка; 6) тип местности; 7) тип почвы; 8) землепользователь участка; 9) указывали временной период закладки насаждений; 10 и 11) произрастающие на участке виды, сорта и формы; 12) бонитет насаждений по 5-балльной шкале; 13) краткое описание насаждений, их сохранность, полнота стояния деревьев, расположение и породный состав защитных лесных полос; 14) отмечали возможность практического использования насаждений;

15) кратко описывали окружающий ландшафт, определяющий микроклимат участка (лесные полосы и массивы, рельеф, водные источники, экспозиция склона; 16) рекомендации по использованию насаждений; 17) отмечали адаптированные растения, устойчивые в данных микроусловиях; 18) заключение о садопригодности участка под плодовые культуры, анализ микроусловий, предполагаемые причины гибели плодовых на малопригодных участках и указание выделенных устойчивых форм, представляющих интерес для научных и практических целей (Савин, 2014).

Все результаты исследований сведены в компьютерную базу данных: паспорта садов и чек-листы гибридных форм. На территории Заволжско-Уральского региона было обследовано 147 участков плодово-ягодных насаждений и на каждый из них составлен паспорт сада. В этих садах выявлено 57 видов аборигенных и интродуцированных плодово-ягодных растений, относящихся к 10 семействам, 27 родам. Самое крупное семейство, Rosaceae Adans, представлено 48 видами. Самый крупный род *Malus* включает 7 видов, представленных 18 подвидами. Географическое положение Заволжско-Уральского региона на границе Европы и Азии определяет сортимент данной зоны. На этих участках было выделено 57 культурных сортов. Основу современного сортимента составляют Уральские сорта – 24 названия. Большое значение имеют сорта Поволжья, среди них выделяются 14 сортов, которые возделываются в течение последних 40–50 лет. Сибирские сорта появились на современном этапе развития садоводства, и в настоящий момент в садах выращивают 10 наиболее зимостойких сортов. Из местных можно назвать только 2 сорта (Ташлинское и Оренбургское красное).

Большой интерес представляют одичавшие формы *Malus*, произрастающие в заброшенных плодовых насаждениях, которые появились в результате самосева. Среди них выделяются наиболее устойчивые формы к условиям внешней среды, высоких вкусовых качеств, достаточно крупноплодные, декоративные, низкорослые. Во время экспедиционных обследований садовых насаждений были выделены 419 образцов устойчивых форм. Они представлены 3 видами (*Malus sylvestris* Mill., *M. domestica* Borkh., *M. baccata* (L.) Borkh.). Представители *Malus domestica* относятся к 6 подвидам (*Malus cerasifera* (Spach) Likh., *M. prunifolia* (Willd.) Likh., *M. intermedia* Likh., *M. rossica* Likh., *M. macrocarpa* Likh., *M. medio-asiatica* Likh.) и 22 сортотипам.

Заключение

Обследование действующих и заброшенных садов позволяет нам определить экологические микроусловия, необходимые для произрастания видов рода *Malus* в условиях региона. Сохранившиеся сорта и формы являются устойчивыми для исследуемой области и могут быть использованы в селекции для создания местных сортов, в качестве подвоя, а также для озеленения и создания защитных лесных полос. По результатам проделанной работы проведена инвентаризация сохранившихся плодовых садов региона, и на ее основе подготовлен к изданию атлас «Плодово-ягодные насаждения Оренбургской области».

Благодарности

Работа выполнена в рамках плановой бюджетной темы института «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» № АААА-А17-117012610022-5.

Литература

- Атлас плодов. Под общ. ред. А. С. Гребницкого. Вып. I, II, III и IV. СПб.: Экспедиция заготовки государственных бумаг, 1906. 589 с.
- База данных сортов яблони ФГБНУ ВНИИСПК. URL: <https://vniispk.ru/species/apple> (дата обращения: 23.02.2019).
- Лангенфельд В. Т. Яблоня: Морфологическая эволюция, филогения, география, систематика. Рига: Зинатне, 1991. 234 с.
- Лихонос Ф. Д., Туз А. С., Лобачев А. Я. Культурная флора СССР. Т. XIV: Семечковые / Всесоюзн. Акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. М.: Колос, 1983. 320 с.
- Малыченко В. В., Лобачев А. Я., Лопанцев С. В. Рекомендации по созданию маточных подвойно-семенных садов в Поволжье: методические рекомендации. М.: ЦНТИ пропаг. и рекл., 1986. 26 с.
- Определитель сортов яблони европейской части СССР: справочник / В. П. Семакин, Е. Н. Седов, Н. Г. Краснова и др. М.: Агропромиздат, 1991. 320 с.: ил.
- Пономаренко В. В. Видовой состав дикорастущих яблонь СССР и центры их генетического разнообразия // Ботан. журн. Т. 62. № 6. Л., 1977. С. 820–831.
- Потапов В. А., Бобрович Л. В. Бонитировка садов на основе таксации: метод. реком. Мичуринск, 1999. 11 с.
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1999. 606 с.
- Раченко М. А., Раченко А. М. Генетическая коллекция яблони СИФИБР СО РАН: состояние и перспективы использования // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 73. С. 174–179.
- Рябинина З. Н., Князев М. С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области: определитель растений. М.: Тов. науч. изд. КМК, 2009. 758 с.
- Савин Е. З., Березина Т. В. Методические рекомендации изучения плодово-ягодных культур // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5. С. 1796–1801.
- Савин Е. З., Чибилёв А. А., Попова О. П. Плодово-ягодные культуры в Оренбургской области: распространение, изучение, проблемы сохранения биоразнообразия // Степи Северной Евразии: материалы V Международного симпозиума. Оренбург, 2009. Т. I. С. 600–602.
- Симиренко Л. П. Помология. Т. I: Яблоня. Л.П.К. «Урожай», 1972. 436 с.
- Слепнева Т. Н., Чеботок Е. М., Макаренко С. А. Основные результаты научной деятельности Свердловской селекционной станции садоводства за 2017 год // Современное садоводство. 2018. № 3 (27). С. 103–113.
- Сорта яблони селекции НИИСС им. М. А. Лисавенко. URL: <http://niilisavenko.org/variets/applevar.htm> (дата обращения: 23.02.2019).
- Яблоневоый сад в Башкирии: сайт В. Ф. Брыкина. Уфа, 2019. URL: <http://garden-ufa.ru/sortal.htm> (дата обращения: 23.02.2019).

СИНТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БОЛОТ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Бикбаев И. Г., Мартыненко В. Б., Баишева Э. З.

Уфимский Институт биологии РАН, Уфа, Россия

SYNTAXONOMICAL DIVERSITY OF MIRES IN THE BASHKIR FORE-URALS

Bikbaev I. G.¹, Martynenko V. B.², Baisheva E. Z.³

¹*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0001-5063-2362*

²*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-9071-3789*

³*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-0002-012X*

Corresponding e-mail: ilnur.bikbaev.90@mail.ru

Summary: the mires cover about 1 % of the Republic of Bashkortostan. Although the mire ecosystems are rare and overall occupy insignificant area, they have high ecological and biodiversity significance. The syntaxonomy of the mire vegetation in the Bashkir Fore-Urals is presented by communities belonging to 6 classes, 14 orders, 19 unions and 41 associations.

Keywords: syntaxonomy, bryophytes, flora, mires, the Bashkir Fore-Urals

На долю болот в Республике Башкортостан (РБ) приходится около 1 % всей площади, однако их экологическое значение и разнообразие очень велики. Несмотря на низкую заболоченность региона, болота РБ в значительной мере пострадали в результате торфодобычи и осушительной мелиорации. По характеру рельефа и истории геологического развития на территории РБ выделяются три крупные геоморфологические области, существенно различающиеся по природно-климатическим условиям: Башкирское Предуралье, Южный Урал и Башкирское Зауралье.

Башкирское Предуралье (БП) расположено на юго-восточной окраине Восточно-Европейской равнины и включает в себя западную равнинную часть РБ, граничащую с западными предгорьями Южного Урала. Рельеф района исследования – всхолмленная равнина с отдельными поднятиями и долинами крупных рек Белой и Уфы и их многочисленными притоками. Густота речной сети – 0.2–0.5 км/км², перепад высот – 62–520 м н. у. м. Климат умеренно континентальный. Средняя температура воздуха в январе –14...–15.5 °С, в июле – +18...+19.5 °С. Среднегодовое количество осадков 450–650 мм/год (Атлас..., 2005). Согласно ботанико-географическому районированию территории РБ (Горчаковский, 1988), в БП представлены южная подзона широколиственно-хвойных лесов борально-лесной зоны, широколиственно-лесная, лесостепная и степная зоны.

Заболоченность отдельных районов БП невысока и составляет от 0.1 до 1 %. Исключением является северо-запад республики (Камско-Бельское междуречье), где доля болот достигает 7 % территории (Атлас..., 2005). По расположению в рельефе торфяники являются преимущественно пойменными и притеррасно-пойменными, питающимися полыми речными водами и выходами ключей у подножий надпойменных террас, часто болота располагаются по склонам холмов у выходов ключей, по оврагам, в карстовых воронках, реже – в водораздельных западинах и озерных котловинах (Брадис, 1951).

Особенностью большинства обследованных болот БП является малая глубина торфяной залежи, часто не превышающая 0.5–1 м, что, по-видимому, связано с засушливостью климата и активными процессами минерализации торфа в этой зоне.

Следует отметить, что доля деградированных болот в Предуралье очень высока, большинство из них подвергалось осушению, ряд болот разработан в ходе торфозаготовок. Кроме того, нами встречены болота, которые усыхают по естественным причинам в результате падения базиса эрозии рек и климатических изменений. На многих болотах ведется выпас скота, некоторые торфяники горели.

В основу работы положены данные флористического и геоботанического обследования 246 болот БП, а также 770 геоботанических описаний растительных сообществ.

В результате разработки флористической классификации выявлено, что на территории БП болотные массивы сформированы сообществами, которые можно отнести к 6 классам, 14 порядкам, 18 союзам, 41 ассоциации, 5 сообществам, 4 субассоциациям, 26 вариантам и 2 фациям.

Собственно болотная растительность представлена тремя классами: *Oxycocco-Sphagnetea* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946, *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* Tx. 1937 и *Alneteaglutinosae* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946. Классы *Lemnetea* O. De Bolys et Masclans 1955 и *Potamogetonetea* Klika in Klika et Novák 1941 объединяют водную растительность, которая формирует первичные стадии болотообразования, встречается в мочажинах болотных массивов (в основном такие сообщества в БП были описаны на обводненных кольцах карстовых болот). Класс *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941 объединяет прибрежно-водные и околководные сообщества прикрепленных ко дну и возвышающихся над водой растений (гелофитов) (Ямалов и др., 2012), а также сообщества болотистых лугов и травяных болот. Часть сообществ этого класса можно отнести к болотной растительности, тем не менее большая часть фитоценозов приурочена к участкам без торфяной залежи, расположенным по периферии болот. Данный класс характеризуется высоким разнообразием синтаксономов (3 порядка, 5 союзов, 22 ассоциации, 1 сообщество).

Класс *Alneteaglutinosae* объединяет низинные эутрофные черноольховые или пушистоберезовые заболоченные леса и заросли ивовых кустарников на торфянистой почве. Может занимать как периферийные части, так и основную территорию болотного массива. На территории БП растительность данного класса представлена 4 порядками, 3 союзами, 4 ассоциациями и 1 сообществом. Они распространены практически на всей территории БП, в долинах рек Белая, Юрюзань, Ай, Ик, Дема и др.

Класс *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* объединяет олиго-мезотрофные и мезотрофные торфяные болота с преобладанием мелких осок и мохообразных. Сообщества класса распространены в северной и центральной части БП и представлены 3 порядками, 3 союзами, 4 ассоциациями, 3 сообществами, 4 субассоциациями. Наиболее редкие и ценные для охраны сообщества с участием реликтов центральноевропейского происхождения (*Schoenus ferrugineus*,

Cladium mariscus, *Gymnadenia odoratissima* и др.) входят в союз *Caricion davallianae* Klika 1934 порядка *Caricetalia davallianae* Br.-Bl. 1949.

Класс *Oxycocco-Sphagnetea* объединяет олиготрофные и олиго-мезотрофные сфагновые верховые и переходные болота. Это наиболее редкие типы болот в БП, растительность которых можно отнести к 2 порядкам, 3 союзам и 4 ассоциациям. Такие болота встречаются в северной и центральной частях БП и совершенно отсутствуют в западной и южной частях. В составе класса наиболее редкими для БП являются сообщества союзов *Oxycocco-Empetrion* и *Sphagnion magellanicum*, формирующиеся на участках с глубокой торфяной залежью (до 4–6 м).

В ходе работы также была проведена инвентаризация бриофлоры болот БП. При этом выявлено 148 видов мохообразных, в том числе 117 видов мхов (Bryophyta) и 31 печеночник (отдел Marchantiophyta), что составляет 39 % от бриофлоры и 33 % от гепатикофлоры РБ.

Наибольшее разнообразие мохообразных отмечено в сообществах низинных евтрофных пушистоберезовых и черноольховых заболоченных лесов класса *Alnetea glutinosae* – 98 видов (77 мхов и 21 печеночник). Далее следуют сообщества открытых олиго-мезотрофных и мезотрофных осоково-моховых болот и мочажин класса *Scheuchzeria-Caricetea* – 75 видов (66 мхов и 9 печеночников), верховых болот класса *Oxycocco-Sphagnetea* – 63 вида (42 мха и 21 печеночник) и евтрофных заболоченных лугов и травяных болот класса *Phragmites-Magnocaricetea* – 41 вид (36 мхов и 5 печеночников). Самое высокое участие печеночников отмечено в сообществах верховых болот и заболоченных черноольховых и пушистоберезовых лесов.

На болотах БП отмечено значительное количество редких и нуждающихся в охране бриофитов, многие из которых являются стенотопными и отмечены только в данных экосистемах. Среди них *Breidleria pratensis*, *Cinclidium stygium*, *Meesia longiseta*, *Meesia triquetra*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Riccardia chamaedryfolia*, *Conardia compacta*, *Paludella squarrosa*, *Palustriella decipiens*, *Hamatocaulis vernicosus*. Последние 4 вида включены в Красную книгу РБ (2011). Наибольшее количество редких видов отмечено в сообществах карбонатных болот, которые во многих регионах мира находятся под угрозой исчезновения и имеют высокую природоохранную ценность (Jiménez-Alfaro et al., 2014).

Таким образом, болота БП имеют богатое разнообразие флоры и растительности. Однако многие болотные массивы деградировали в результате антропогенной деятельности. В ходе инвентаризации было показано, что около 14 % болот лесостепной и степной зон РБ находятся в группе сильного риска (подвержены значительной пастбищной нагрузке), а 16 % – в группе риска, поскольку испытывают частичный выпас, интенсивность которого сильно возрастает в засушливые годы (Баишева и др., 2015).

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190060-6, бриологические исследования поддержаны грантом РФФИ № 18-04-00641.

Литература

- Атлас Республики Башкортостан. Под ред. И. М. Япарова. Уфа: Китап, 2005. 420 с.
Баишева Э. З., Мартыненко В. Б., Миркин Б. М., Мулдашев А. А., Широких П. С., Бикбаев И. Г. Болота Республики Башкортостан как объекты первостепенной охраны // Вестник Академии наук РБ. 2015. Т. 20. № 3 (79). С. 5–13.
Брадис Е. М. Торфяные болота Башкирии. Дис. ... д-ра биол. наук. Киев: Институт ботаники АН УССР, 1951. 687 с.

- Горчаковский П. Л. Растительность и ботанико-географическое деление Башкирской АССР // Определитель высших растений Башкирской АССР. Отв. ред. Е. В. Кучеров, А. А. Мулдашев. М.: Наука, 1988. С. 5–13.
- Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1: Растения и грибы. Под ред. Б. М. Миркина. Уфа: МедиаПринт, 2011. 384 с.
- Ямалов С. М., Мартыненко В. Б., Абрамова Л. М., Голуб В. Б., Баишева Э. З., Баянов А. В. Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан. Уфа: АН РБ: Гилем, 2012. 100 с.
- Jiménez-Alfaro B., Hájek M., Ejrnaes R. et al. Biogeographic patterns of base-rich fen vegetation across Europe // Applied Vegetation Science. 2014. V. 17. P. 367–380.

БАЗЫ ДАННЫХ О БИОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ БЕЛАРУСИ

Бородин О. И.

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Беларусь

DATABASES ON BIOLOGICAL DIVERSITY OF BELARUS

Borodin O. I.

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
for Bioresources, Minsk, Belarus*

Corresponding e-mail: borodinoi_zoo@mail.ru

Summary: a brief overview of the sources of information on biological diversity in Belarus is provided. The largest databases in the public domain are listed. Gaps in this issue are shown and the need to summarize all available information on a single resource is stressed. GBIF is offered as such a resource.

Keywords: databases, collections, herbariums, biodiversity of Belarus

Изучение биологического разнообразия Беларуси охватывает более чем 200-летний период. Первые исследования носили фрагментарный характер, часть из них выполнялась в рамках комплексных экспедиций по изучению природной среды страны, отдельные сведения имеются в таксономических сводках, охватывающих крупные регионы Европы. Целенаправленные исследования таксономического разнообразия Беларуси начаты в 1920-х годах, с момента создания профильных подразделений при Белорусском государственном университете и Белорусской академии наук.

За все время изучения биологического разнообразия Беларуси накоплены огромные массивы данных, созданы обширные коллекционные фонды. Во время Второй мировой войны многие из них были утеряны либо вывезены за пределы страны. Часть коллекционных фондов в дальнейшем была возвращена, часть до сих пор хранится в зарубежных учреждениях.

Помимо коллекционных фондов, результаты обработки материала отражены в виде научных отчетов и публикаций. Этот массив данных включает десятки тысяч наименований. Например, только в 3 библиографических сводках (Животный мир Белоруссии, 1974, 1987; Животный мир Беларуси, 1991), посвященных обобщению публикаций по животному миру Беларуси за период с 1919-го по 1989 год, приводится более 15 400 наименований публикаций самого разного уровня, без учета научных отчетов. Обобщающих сводок за последующий 30-летний период по животному миру Беларуси не проводилось. Сходная ситуация наблюдается и в отношении других групп эукариот – растений, грибов и в еще большей степени протистов. Следует также отметить, что большое количество публикаций, особенно изданных в период до компьютерной революции, до сих пор недоступны в электронной форме и не вовлечены в общий анализ состояния биологического разнообразия Беларуси. Данная особенность характерна и для других стран бывшего Советского Союза.

В 1990-х годах внедрение компьютерных технологий во все сферы деятельности, в том числе научную, стимулирует развитие электронных баз данных, в которых накапливаются

массивы собранной информации по отдельным группам эукариот. Базы данных становятся удобным инструментом для проведения научных исследований.

На основании обобщения аккумулированных в них материалов начали издаваться крупные сводки по отдельным таксономическим группам, что позволяло сделать промежуточные срезы по степени их изученности и наметить возможные направления дальнейших исследований. Например, в основу «Каталога жесткокрылых Беларуси» (Александрович и др., 1996) положены 3 базы данных – библиографическая, таксономическая и коллекционная, разработанные коллективом авторов; эти ресурсы начали создаваться еще в начале 1990-х (Александрович, 1993). Известны примеры коммерческих продуктов – база данных по дневным чешуекрылым Беларуси с интерактивным диагностическим ключом (Довгайло, Солодовников, Рубин, 2006).

Базы данных начинают использоваться и при разработке стратегии охраны и рационального использования природной среды. В частности, начиная с 1992 года, в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», создана Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь» (НСМОС), координатором которой является Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. В настоящее время среди 12 направлений мониторинга, 3 имеют отношение к биологическому разнообразию: 1) мониторинг лесов, 2) растительности и 3) животного мира. При регулярных мониторинговых наблюдениях материалы накапливаются в соответствующих базах данных, которые ведутся Министерством лесного хозяйства, Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Научно-практическим центром НАН Беларуси по биоресурсам и Белорусским государственным университетом в рамках деятельности соответствующих информационно-аналитических центров.

Наряду с НСМОС в Беларуси существует система государственных кадастров природных ресурсов, ведение которых осуществляет Минприроды совместно с заинтересованными республиканскими органами госуправления и иными организациями, при научном сопровождении, в том числе, организаций Национальной академии наук. Наибольший интерес с точки зрения изучения биологического разнообразия представляют госкадастры растительного и животного мира, для которых разработаны соответствующие информационные ресурсы: *belflora.by* (<https://belflora.by>) и *belfauna.by* (<https://belfauna.by>).

Помимо баз данных, ориентированных на оценку динамики окружающей среды и биологического разнообразия в том числе, в Беларуси существуют и поддерживаются базы данных, аккумулирующие сведения по отдельным таксономическим группам либо представляющие собой каталоги отдельных коллекций. Крупные базы данных, включающие сотни тысяч записей, существуют при гербариях и зоологических коллекциях отдельных учреждений Национальной академии наук Беларуси (НПЦ по биоресурсам, Институт экспериментальной ботаники, Центральный ботанический сад, Институт леса, Институт микробиологии, Институт генетики и цитологии), Министерства образования (Белорусский государственный университет, Витебский государственный университет, Гродненский государственный университет и пр.) и ряда других учреждений (Национальные парки «Беловежская пуща», «Браславские озера», «Нарочанский», «Припятский» и Березинский биосферный заповедник). К сожалению, далеко не все они находятся в открытом доступе.

В качестве примера находящегося в открытом доступе и обобщающего сведения о таксономическом разнообразии высших растений Беларуси следует указать ресурс «Растения Беларуси» (<http://hbc.bas-net.by/plantae/>). Данный проект реализуется с 2003 года под эгидой Гербария Центрального ботанического сада НАН Беларуси. В базу данных включены сведения,

в том числе подтвержденные библиографическими данными о природной флоре (приводятся сведения о более 1 600 видах, подвидах и формах из 122 семейств), культурной флоре (включены данные о более чем 9 500 видах и внутривидовых таксонах из 203 семейств). Здесь же приведены сведения о 160 ботанических коллекциях, в которых содержатся материалы с территории Беларуси.

С целью реализации обязательств по Конвенции о биологическом разнообразии в Беларуси создан сайт механизма посредничества (<http://biodiv.by/>), при котором в 2019 году создана база данных (<https://database-biodiv.by/>). Ее целью является обобщение всей опубликованной информации по биологическому разнообразию эукариот Беларуси. На момент подготовки данной публикации в базе данных приводятся сведения о 13 000 видах беспозвоночных животных.

Наряду с научными базами данных в открытом доступе существует ряд ресурсов, поддерживаемых со стороны «гражданской науки». Наиболее характерным примером является база данных «Биоразнообразие Беларуси» (<https://florafauna.by/>), создание которой было начато в 2012 году. В качестве модераторов, валидирующих наблюдения, сделанные пользователями, выступали специалисты из Белорусского государственного университета, Гродненского государственного университета, Национальной академии наук.

С учетом всего вышесказанного очевидна необходимость проведения детального скрининга существующих в Беларуси коллекционных фондов, в том числе хранящихся в краеведческих музеях, библиографического массива данных и уже существующих баз данных, в том числе не находящихся в открытом доступе, с целью их интеграции в единый ресурс. Идеальной представляется ситуация интеграции этих данных в GBIF. Работа в данном направлении проводится в настоящее время.

Литература

- Александрович О. Р. Опыт создания компьютерных баз данных для каталогизации жесткокрылых насекомых Беларуси // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения биологического разнообразия Беларуси». Минск, 1993. С. 29–30.
- Александрович О. Р. и др. Каталог жесткокрылых (Coleoptera, Insecta) Беларуси. Минск: ФФИ РБ, 1996. 103 с.
- Довгайло К. Е., Солодовников И. А., Рубин Н. И. Дневные бабочки (Diurna, Lepidoptera) Республики Беларусь. CD определитель, база данных и пакет программ «Lisandra». Минск, 2006.
- Животный мир Белоруссии. Библиографический указатель (1919–1969). Минск: Фундаментальная библиотека им. Я. Коласа, 1974. 880 с.
- Животный мир Белоруссии. Библиографический указатель (1970–1984). Минск: Фундаментальная библиотека им. Я. Коласа, 1987. 854 с.
- Животный мир Беларуси. Библиографический указатель (1985–1989). Минск: Фундаментальная библиотека им. Я. Коласа, 1991. 459 с.

МОНИТОРИНГ ПОДСТИЛОЧНЫХ САПРОТРОФОВ СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО В ЮЖНОТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Боталов В. С.¹, Переведенцева Л. Г.²

¹*Пермский государственный аграрно-технологический университет
им. академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия*

²*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь, Россия*

MONITORING OF LITTER SAPROTROPHS OF THE LINGONBERRY PINE IN THE SOUTHERN TAIGA FORESTS OF THE PERM REGION

Botalov V. S.¹, Perevedentseva L. G.²

¹*Perm State agricultural and technological University
named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia,*

ORCID: [0000-0001-5242-8648](https://orcid.org/0000-0001-5242-8648)

²*Perm State University, Perm, Russia,*

ORCID: [0000-0002-4633-0174](https://orcid.org/0000-0002-4633-0174)

Corresponding e-mail: vitalywc@yandex.ru, perevperm@mail.ru

Summary: the results of long-term stationary observations of agaricoid fungi of lingonberry pine forest in the subzone of the southern taiga of the Perm region (1975–2012) are presented. 45 species of saprotrophs were found on the litter. The dynamics of detecting the hidden variety of saprotrophs on the litter is described by the equation $y = 3.3333x + 12$ ($R^2 = 0.95$).

Keywords: monitoring, saprotrophs on the litter, lingonberry pine, Perm region, hidden variety

Введение

Подстилочные сапротрофы в лесных сообществах выполняют ведущую роль в разложении подстилки и участвуют в формировании гумусового горизонта почвы. Данная группа грибов характеризуется наибольшей вариабельностью видового состава, численности и биомассы, так как помимо сложных сочетаний субстрата их мицелий выдерживает резкие колебания температуры и влажности, что приводит к определенным сложностям и недостаточности кратковременных исследований при их изучении. В связи с этим, для установления закономерностей влияния экологических факторов на гетеротрофный компонент биогеоценозов и выявления скрытого разнообразия агарикоидных базидиомицетов в сообществах, не подверженных антропогенной нагрузке, нами проводятся многолетние стационарные наблюдения.

Материалы и методы

Изучение биоты агарикоидных грибов на территории Пермского края стационарным методом проводится в 10 типах леса (в том числе в сосняке брусничном) в подзоне южной тайги на территории ООПТ «Верхняя Кважва» (58°38' с.ш. 56°38' в.д.). Первый период исследований (I) был проведен в 1975–1977 гг., второй (II) – в 1994–1996 гг., третий (III) – в 2010–2012 гг. С пробных площадей размером 50 × 20 м в течение августа (три посещения с интервалом в 10 дней) собирались все базидиомы агарикоидных грибов. Для каждого вида

учитывалось число базидиом и их воздушно-сухая биомасса. Дополнительно в сентябре учитывался видовой состав грибов (одно посещение) (Переведенцева, 1999; Боталов, Переведенцева, Шишигин, 2018). Степень сходства биогеоценозов по видовому составу установлена с помощью коэффициента Жаккара ($J \times 100$) (Шмидт, 1973). Для регрессионных моделей приводится значение коэффициента детерминации (R^2) (Трухачева, 2012).

Принадлежность к эколого-трофическим группам установлена по литературным данным и наблюдениям в природе. За основу взята шкала эколого-трофических групп А. Е. Коваленко (1980) (с дополнениями), адаптированная для многолетних исследований Л. Г. Переведенцевой (1999). Список видов агарикоидных базидиомицетов расположен по системе, принятой М. Мозером (Moser, 1983). Для оценки влияния погодных условий использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s) (Трухачева, 2012). Рассматривалось влияние климатических показателей на следующие характеристики подстилочных сапротрофов: число базидиом и их суммарную воздушно-сухую биомассу за август; число видов за август–сентябрь. В качестве климатических показателей использованы данные метеостанции г. Добрянка (1975–2012 гг.): сумма положительных температур за май – август ($^{\circ}\text{C}$), средняя месячная температура воздуха за май–сентябрь ($^{\circ}\text{C}$), сумма осадков по месяцам (май – сентябрь) (мм), сумма осадков за май – август (мм).

Сосняк брусничный образовался на месте выгоревшего соснового леса и расположен на дюнных всхолмлениях третьей боровой террасы реки Кама. Состав древостоя 10С. Возраст древостоя – около 95 лет. Сомкнутость крон 0/5. В подросте *Pinus sylvestris* L., в подлеске – *Sorbus aucuparia* L. Травяно-кустарничковый ярус состоит, в основном, из *Vaccinium vitis-idaea* L., проективное покрытие его около 50 %. Моховой покров представлен зелеными мхами с проективным покрытием около 80 % (2010 г.). Валежника мало. Почва дерново-подзолистая, супесчаная. За все время исследований существенного изменения видового состава высших сосудистых растений не выявлено ($J_{\text{I-II}} = 69$; $J_{\text{II-III}} = 61$; $J_{\text{I-III}} = 50$). Состав древостоя, подроста и подлеска со временем не изменялся. Проективное покрытие кустарничково-травяного яруса в I период было около 50 %, во II – увеличилось до 70 %. В I период зеленые мхи встречались пятнами, во II – их обилие составляет уже около 80 %.

Результаты и их обсуждение

В сосняке брусничном за все время исследований (1975–2012 гг.) выявлено 45 видов агарикоидных грибов, относящихся к группе подстилочных сапротрофов, что составляет 24.8 % от общего числа видов, обнаруженных в данном ценозе. Подстилочные сапротрофы представлены 5 семействами, ведущими из которых являются Tricholomataceae (33 вида; 73.3 % от всех выявленных в ценозе подстилочных сапротрофов), Agaricaceae (5 видов; 11.1 %) и Entolomataceae (5 видов; 11.1 %). Для семейств Strophariaceae и Hygrophoraceae выявлено по одному виду. В спектре ведущих роды: *Clitocybe* (11 видов; 24.4 %), *Mycena* (9 видов; 20.0 %), *Entoloma* (5 видов; 11.1 %), *Cystoderma* (5 видов; 11.1 %). Для остальных 10 родов отмечено 1–3 вида грибов. В III период исследований установлено 14 видов подстилочных сапротрофов, ранее не встречавшихся на исследуемой территории, из которых один вид оказался новым для Пермского края – *Collybia putilla* (Fr.) Singer (= *Gymnopus putillus* (Fr.) Antonin, Halling & Noordel.). По периодам наблюдений доли данной эколого-трофической группы грибов оставались относительно стабильными (22.8–30.2 % от числа видов за период), хотя их видовой состав со временем изменялся ($J_{\text{I-II}} = 58$; $J_{\text{II-III}} = 51$; $J_{\text{I-III}} = 44$). В I период отмечено 23 вида грибов, во II – 26 и в III – 36. Общими для всех трех периодов наблюдений были 17 видов.

По годам наблюдений выявлялось 15.6–62.2 % от общего числа видов подстилочных сапротрофов сосняка брусничного (в среднем за год – 40.0 %). В связи с тем, что скрытое разнообразие не поддается учету, все ранее выявленные виды грибов включались в общий список. В результате установлено ежегодное увеличение числа видов подстилочных сапротрофов, которое характеризует динамику выявления скрытого разнообразия данной группы грибов, описываемую уравнением $y = 3.3333x + 12$ ($R^2 = 0.95$). Отметим, что кривая накопления скрытого разнообразия грибов до сих пор не вышла на «плато», а это свидетельствует о необходимости продолжения стационарных наблюдений для наиболее полного выявления структуры грибного компонента данного сообщества.

Наибольшее число видов подстилочных сапротрофов выявлялось только один раз – в какой-либо один сезон наблюдений (из 45, таких видов было 16, что составляет 35.6 %). Три вида встречались ежегодно: *Cantharellula umbonata* (J. F. Gmel.) Singer, *Marasmius androsaceus* (L.) Fr. (= *Gymnopus androsaceus* (L.) J. L. Mata & R. H. Petersen) и *Mycena rorida* (Fr.) Quél. (= *Roridomyces roridus* (Fr.) Rexer). Кривая встречаемости видов грибов по годам наблюдений описывается уравнением $y = -4.989\ln(x) + 12.097$ ($R^2 = 0.70$).

На «плодоношение» агарикоидных грибов в значительной степени влияют погодные условия текущего года. Максимальные «урожаи» отмечены во II период наблюдений (по биомассе базидиом – 1 430 г/га; по числу базидиом – 10 820 шт./га), минимальные – в I период. При проведении корреляционного анализа установлено значимое положительное влияние количества осадков в июле и суммы осадков за май – август на «плодоношение» подстилочных сапротрофов в августе ($r_s = 0.7–0.8$; $p < 0.05$). Существенного влияния средних месячных температур воздуха на продуктивность подстилочных сапротрофов не выявлено. Влияние климатических показателей на число появляющихся видов подстилочных сапротрофов текущего года также не установлено, что согласуется с литературными данными о главенствующей роли особенностей субстрата в видовом разнообразии данной группы грибов (Бурова, 1986; Переведенцева, 1999).

Заключение

1. В сосняке брусничном за все время исследований выявлено 45 видов агарикоидных базидиомицетов, входящих в группу подстилочных сапротрофов и относящихся к 14 родам и 5 семействам, что составляет 24,8 % от всей выявленной биоты агарикоидных грибов данного ценоза. Наиболее богатыми видами подстилочных сапротрофов как за все время исследований, так и в каждый период были семейства Tricholomataceae, Agaricaceae и Entolomataceae. В спектре ведущих отмечены роды: *Clitocybe*, *Mycena*, *Entoloma*, *Cystoderma*.

2. По годам наблюдений выявлялось 15.6–62.2 % от общего числа видов подстилочных сапротрофов сосняка брусничного (в среднем за год – 40.0 %). Наибольшее число видов обнаруживали только один раз – в какой-либо один сезон наблюдений. Динамика выявления скрытого разнообразия подстилочных сапротрофов в данном ценозе описывается уравнением $y = 3.3333x + 12$ ($R^2 = 0.95$).

3. Установлено положительное влияние обильных осадков как всего летнего периода (май – август) текущего года, так и только июльских на «плодоношение» подстилочных сапротрофов в августе ($r_s = 0.7–0.8$; $p < 0.05$). Влияние количества осадков и температуры воздуха на число ежегодно появляющихся видов подстилочных сапротрофов не выявлено.

Литература

- Боталов В. С., Переведенцева Л. Г., Шишигин А. С. Изменение структуры и продуктивности биоты агарикоидных базидиомицетов по результатам многолетнего мониторинга в сосновых лесах Пермского края (подзона южной тайги) // Сибирский экологический журнал. 2018. Т. 11. № 5. С. 559–571. DOI: [10.15372/SEJ20180505](https://doi.org/10.15372/SEJ20180505)
- Бурова Л. Г. Экология грибов макромицетов. М.: Наука, 1986. 221 с.
- Коваленко А. Е. Экологический обзор грибов из порядков Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., Russulales в горных лесах Центральной части Северо-Западного Кавказа // Микология и фитопатология. 1980. Т. 14. Вып. 4. С. 300–314.
- Переведенцева Л. Г. Биота и экология агарикоидных базидиомицетов Пермской области. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: МГУ, 1999. 48 с.
- Трухачева Н. В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 384 с.
- Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Л.: Наука, 1973. 263 с.
- Moser M. Die Rohrlinge und Blätterpilze (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales). Kleine Kryptogamenflora. Bd. 2b/2. Stuttgart, New York: Fischer, 1983. 533 s.

РАЗНООБРАЗИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Брянская Е. П.¹, Шмидер К.², Беккер Р.²

¹*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия*

²*Университет Хоэнхайм, Штутгарт, Германия*

DIVERSITY AND SPATIAL STRUCTURE OF THE CENTRAL ZONE OF LAKE BAIKAL EASTERN COAST VEGETATION

Brianskaia E. P.¹, Schmieder K.², Boecker R.²

¹*Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, Russia*

²*Hohenheim University, Stuttgart, Germany*

Corresponding e-mail: blenysik@mail.ru

Summary: today, the present flora and vegetation of the complex Baikal Siberian ecosystem is reflected in studies of many Russian and international phytosociologists. However, despite the huge amount of data, the phytosociological vegetation structure and its spatial distribution of the central zone of Lake Baikal eastern coast has not been studied. 167 relevés were performed by standard methods of the Braun-Blanquet approach. To reveal the phytosociological composition of the vegetation supervised k-means classification was performed in JUICE program. By comparing the vegetation data from the studied area with data from the adjacent territories of Lake Baikal, Svyatoi Nos Peninsula and the Barguzin mountain range (589 relevés) was obtained the final synopsis of the vegetation. The vegetation mapping was performed in ArcGIS 10.3.1 by maximum likelihood classification of multispectral imagery SPOT 6. The dominant type of the vegetation is represented by forests which are classified into *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 class. The peatland vegetation includes two classes *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937 and *Oxycocco-Sphagnetum* Br.-Bl. et R. Tx. 1943. The vegetation of shifting sands of the coastal line is classified into *Brometum korotkyi* Hilbig et Korolyuk 2000 class. Despite a relatively small territory under study (~ 430 km²), the vegetation is relatively diverse. Location of the studied area within the zonal forest belt contributes to the leading position of the forest communities. The close ground water occurrence creates suitable conditions for wetland vegetation formation. Lake Baikal coastal line is considered as a refugium of the unique ancient Miocene-Pliocene xerophytic vegetation and flora. Thus, Lake Baikal water body, mountain landform and close ground water occurrence contribute to the formation of diverse vegetation communities. We suggest that the vegetation of this relatively small territory can be considered as a model within the central zone of Lake Baikal eastern coast.

Keywords: Braun-Blanquet approach, Eastern Siberia, forests, peatlands, shifting sands, ArcGIS, JUICE, relevés, k-means clustering, maximum likelihood classification

Объектом исследования является растительность центральной зоны восточного побережья озера Байкал, площадью ~ 430 км². Территория исследования находится в Прибайкальском и Баргузинском районах Республики Бурятия. В геоморфологическом плане территория может быть разделена на две части. Первая, западная, часть находится в окрестностях села Горячинск (52°59'03"N 108°17'48"E) и представляет собой полого-наклонный склон хребта Черная Грива с заболоченными долинами рек Черемшанка и Безымьянная.

Восточнее находится вторая часть территории исследования, представляющая среднегорный Катковский таежный массив, тянущийся до села Максимиха (53°15'51"N 108°44'22"E).

Исследования растительности проводились в летние сезоны 2013, 2015 и 2016 годов. В результате было собрано 167 геоботанических описаний, выполненных по стандартным методикам на площадках 900 м² (для лесных сообществ) и 400 м² (для болотных и псаммофитных сообществ) с использованием семибальной шкалы покрытия видов: r: < 1 %, +: 1–4 %, 1: 5–9 %, 2: 10–24 %, 3: 25–49 %, 4: 50–74 %, 5: 75–100 % (Westhoff, van der Maarel, 1973). Классификация растительности была выполнена в программе JUICE с помощью встроенного скрипта R (Tichý, 2002; Zelený, Tichý, 2009) методом контролируемой кластеризации k-средних. Данный метод представляет собой распределение одной неустановленной группы 0 к *a priori* кластерам. В нашем случае неустановленная группа 0 представляет собой 167 описаний данного исследования, подвергающаяся распределению среди 65 *a priori* кластеров (682 описания), взятых с соседних территорий восточного побережья озера Байкал (полуостров Святой Нос и Баргузинский хребет; Anenkhonov, Chytrý, 1998; Danihelka, Chytrý, 1995; Chytrý et al., 1995; Chytrý et al., 1993; Valachovič et al., 2002). Далее описания неустановленной группы 0 были изъяты из массива *a priori* кластеров и интерпретированы на основе их распределения. Диагностические виды ассоциаций были определены с помощью фи-коэффициента (Chytrý et al., 2002). Показатель 0.25 был установлен порогом для диагностических видов ассоциации.

Изучение пространственной структуры растительности исследуемой территории осуществлено с использованием мультиспектрального снимка, полученного со спутника SPOT 6 (разрешение 1.5 м). Классификация по методу максимального подобия (Maximum Likelihood Classification) была проведена в программе ArcGIS 10.3.1 на основе 213 наземных точек, собранных во время полевых исследований навигатором GPSMAP 62 (Sohn, Rebello, 2002; Xu et al., 2005; Xie et al., 2008; Ermakov et al., 2012; Cherenkova et al., 2015). Оценка точности классификации космического снимка была проведена также в программе ArcGIS 10.3.1 с помощью матрицы неточностей.

Таким образом, растительность территории исследования включает лесную, болотную и псаммофитную. Доминантным типом растительности является лесная, отнесенная к классу бореальных хвойных таежных лесов Евразии *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939, занимающая ~ 350 км² от общей территории исследования. Болотная растительность представлена ерниковыми сообществами класса *Scheuchzerio-Caricetea nigrae* (Nordh. 1936) Tx. 1937 и рябовыми сообществами класса *Oxycocco-Sphagnetum* Br.-Bl. et R. Tx. 1943, занимающими ~ 65 км² территории. Псаммофитная растительность встречается на побережье Байкала и классифицирована в класс *Brometum korotkyi* Hilbig et Korolyuk 2000 (~ 2 км²).

Пространственная структура растительности проанализирована на основе полученного классифицированного космоснимка в ArcGIS 10.3.1 точностью 58 %. Высотное распределение растительности исследуемой территории схоже с так называемым влажным прибайкальским типом поясности (Тюлина, 1976). Из-за увеличения осадков на более высоких отметках Катковской горной гряды темнохвойные сообщества *Calamagrostio obtusatae-Abietetum sibiricae* Danihelka et al. in Anenkhonov et Chytrý 1998 на каменистых почвах находят здесь свое развитие (600 (800) – 1 200 м). В нижней части гряды (450–600 (800) м) встречаются смешанные мелколиственно-сосново-лиственничные леса *Calamagrostio obtusatae-Laricetum sibiricae* Chytrý et al. in Anenkhonov et Chytrý 1998. В окрестностях села Горячинск из-за достаточно плоского рельефа на песчаных массивах имеют место леса с доминированием сосны сибирской *Maianthemum bifolium-Pinetum sibiricae* Danihelka et al. in Anenkhonov et Chytrý 1998. Также здесь

встречаются олиготрофные моnodоминантные сосново-лишайниковые сообщества *Calamagrostio epigaei-Pinetum sylvestris* Anenkhonov et Chytrý 1998, которые, на наш взгляд, проходят финальный этап послепожарной сукцессии. В межгорных котловинах, вдоль горных ручьев, располагаются гигрофитные леса *Matteuccio struthiopteridis-Abietetum sibiricae* Anenkhonov et al. in Anenkhonov et Chytrý 1998 и *Cardamino macrophyllae-Abietetum sibiricae* Chytrý, Anenkhonov et Valachovič, 1998.

Данное исследование представляет первые результаты по выявлению разнообразия и пространственной структуры растительности в центральной части восточного побережья озера Байкал. Применение метода контролируемой кластеризации k-средних показало удовлетворительный результат по распределению неустановленной группы описаний данного исследования к *a priori* группам с соседних территорий восточного побережья. Мы рекомендуем применение данного метода для классификации растительности, однако в случае наличия достаточно объемного сравнительного массива геоботанических данных. Классификация космоснимка SPOT 6 методом максимального подобия показала средней степени (58 %) точности карту. С нашей точки зрения, подобный результат напрямую обусловлен крайне маленьким набором наземных точек. Однако все исследуемые типы растительности нашли свое отражение в ней. Также мы считаем, что сравнительно небольшая территория исследования может служить модельным участком растительности центральной зоны восточного побережья озера Байкал из-за ее достаточно разнообразной растительности.

Благодарности

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ 19-54-53014, Erasmus Mundus Iamonet-Ru и частично в рамках государственного задания по теме № АААА-А17-117011810036-3. Авторы благодарны профессору, доктору Милану Хитры (Масариков Университет, Кафедра Ботаники и Зоологии) за предоставление личных архивных геоботанических данных для метода контролируемой кластеризации k-средних.

Литература

- Ермаков Н. Б., Полякова М. А., Черникова Т. С. Картографирование лесной растительности в горах Алтае-Саянской горной области // Бюллетени Новосибирского государственного университета. 2012. Т. 10. № 2. С. 24–30.
- Тюлина Л. Н. Влажный прибайкальский тип поясности. Новосибирск: Наука, 1976. 289 с.
- Anenkhonov O. A., Chytrý M. Syntaxonomy of vegetation of the Svyatoy Nos Peninsula, Lake Baikal 2. Forests and krummholz in comparison with other regions of Northern Buryatia // Folia Geobotanica. 1998. V. 33. P. 31–75. DOI: [10.1007/BF02914929](https://doi.org/10.1007/BF02914929)
- Cherenkova T. V., Puzachenko M. Yu., Morozova O. V., Ogureeva G. N., Kuperman R. G. An approach for mapping Northern Fennoscandian forests at different scales. Botanica Pacifica // A Journal of Plant Science and Conservation. 2015. V. 4. № 1. P. 1–10. DOI: [10.13140/RG.2.1.2481.6727](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2481.6727)
- Chytrý M., Pešout P., Anenkhonov O. A. Syntaxonomy of vegetation of Svjatoj Nos Peninsula, Lake Baikal 1. Non forest communities // Folia Geobotanica et Phytotaxonomica. 1993. V. 28. P. 337–383. DOI: [10.1007/BF02853303](https://doi.org/10.1007/BF02853303)
- Chytrý M., Anenkhonov O. A., Danihelka J. Plant communities of the Bol'shoj Čivyrkuj River Valley, Barguzinskij Range, East Siberia // Phytocoenologia. 1995. V. 25. P. 399–434. DOI: [10.1127/phyto/25/1995/399](https://doi.org/10.1127/phyto/25/1995/399)
- Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z., Bruelheide H. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures // Journal of Vegetation Science. 2002. V. 13. P. 79–90. DOI: [10.1111/j.1654-1103.2002.tb02025.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02025.x)
- Danihelka J., Chytrý M. Some plant communities in the Bolšaja Čeremšana valley, Barguzinskij range // Siberian Naturalist. 1995. P. 165–202.
- Sohn Y., Rebello N. S. Supervised and unsupervised spectral angle classifiers // Photogrammetric engineering and remote sensing. 2002. V. 68. № 12. P. 1271–1282.

- Tichý L. JUICE, software for vegetation classification // *Journal of Vegetation Science*. 2002. V. 13. P. 451–453. DOI: [10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x](https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x)
- Tichý L., Chytrý M., Botta-Dukát Z. Semi-supervised classification of vegetation: preserving the good old units and searching for new ones // *Journal of Vegetation Science*. 2014. V. 25. P. 1504–1512. DOI: [10.1111/jvs.12193](https://doi.org/10.1111/jvs.12193)
- Valachovič M., Anenchonov O., Hodálová I. Vegetation along an altitudinal gradient in Gremyachay Valley (Barguzinskii Range, Eastern Siberia) // *Biologia – Section Botany*. 2002. V. 57 (1). P. 83–100.
- Westhoff V., van der Maarel E. The Braun-Blanquet approach // Whittaker R. H. (ed.). *Ordination and classification of plant communities*. The Hague: Junk, 1973. P. 617–737.
- Zelený D., Tichý L. Linking JUICE and R: New developments in visualization of unconstrained ordination analysis (Poster) // 18th Workshop of European Vegetation Survey in Rome. Roma: La Sapienza Università, 2009.
- Xie Y., Sha Z., Yu M. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review // *Journal of plant ecology*. 2008. V. 1. № 1. P. 9–23. DOI: [10.1093/jpe/rtm005](https://doi.org/10.1093/jpe/rtm005)
- Xu M., Watanachaturaporn P., Varshney P. K., Arora M. K. Decision tree regression for soft classification of remote sensing data // *Remote Sensing of Environment*. 2005. V. 91. P. 256–270. DOI: [10.1016/j.rse.2005.05.008](https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.05.008)

ЛЕТОПИСЬ ПРИРОДЫ КАК СИСТЕМАТИЗИРОВАННЫЙ РЕСУРС ДАННЫХ О БИОРАЗНООБРАЗИИ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН

Буйволов Ю. А.¹, Иванова Н. В.², Быкова Е. П.³, Мейке Е.⁴

¹*Приокско-Тerrasный государственный заповедник, Данки, Россия*

²*Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пущино, Россия*

³*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

⁴*EarthCape Oy, Helsinki, Finland*

THE CHRONICLE OF NATURE AS A SYSTEMATIZED DATA RESOURCE ABOUT BIODIVERSITY IN RUSSIA AND NEIGHBORING COUNTRIES

Buyvolov Yu. A.¹, Ivanova N. B.², Bykova E. P.³, Meyke E.⁴

¹*Prioksko-Terrasnyi Biosphere Reserve, Danky, Russia,
ORCID: 0000-0003-1350-2088*

²*Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – The Branch of the Keldysh Institute
of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: 0000-0003-4199-5924*

³*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: 0000-0001-6047-4652*

⁴*EarthCape Oy, Helsinki, Finland,
ORCID: 0000-0003-1986-2631*

Corresponding e-mail: ybuyvolov@gmail.com

Summary: our presentation is devoted to biodiversity data mobilization collected in nature protected areas of the former USSR according to the scientific program Chronicle of nature. Most of the Chronicles still not-digitized. But during the Eurasian Chronicle of Nature and GBIF projects implementation, 500 000+ records were digitized, and mobilized via Zenodo and GBIF.

Keywords: GBIF, nature protected areas, Eurasian chronicle of nature, Prioksko-Terrasnyi biosphere reserve

Летопись природы – это научная программа, преследующая цель систематического сбора данных о динамике природных явлений и процессов на территории заповедника в течение неопределенно длительного времени (Филонов, Нухимовская, 1990). В 1940 г. появились первые официальные указания по ведению Летописи природы заповедника, а в 1948–1954 гг. были разработаны инструкции и руководства, позволяющие вести наблюдения во всех заповедниках СССР по общим методикам. С 2007 г., согласно утвержденным приказом Росприроднадзора № 169 от 18.06.2007 рекомендациям, Летопись природы начали вести и в российских национальных парках.

В ежегодный том Летописи природы включаются как отчеты о проведенных научных исследованиях, так и сами данные после первичной обработки полевого материала, а также фактические материалы о находках (встречах) животных, растений, грибов и изменениях в

абиотической среде. Данные представлены преимущественно в виде таблиц, дополненных краткими комментариями, картосхемами и графиками. Это делает Летопись ценным источником первичных данных о биоразнообразии в ретроспективном аспекте.

По состоянию на 1986 г. (Координационный план..., 1988) в СССР велось 106 Летописей природы, в том числе 53 в заповедниках РСФСР, 10 – Украины, 7 – Узбекистана, 5 – Туркмении, по 4 в Киргизии, Эстонии, Азербайджане, Грузии, Казахстане, 3 в Таджикистане и Литве, 2 в Белоруссии и по одной в Армении, Латвии и Молдавии. В 2008 г., по данным информационных отчетов директоров заповедников и национальных парков в России, велось летописи в 92 заповедниках и 6 национальных парках. Исходя из этого, можно предположить, что общий объем Летописей природы составляет не менее 10 томов с каждой из 151 ООПТ, на которой велась или ведется данная научная программа. Ежегодно ресурс пополняется новыми данными.

Попытки оцифровать, опубликовать и использовать для широкомасштабных исследований данные Летописей природы предпринимались неоднократно с начала компьютеризации. Одна из первых была осуществлена сотрудниками Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН в рамках проекта Глобального экологического фонда (GEF) «Сохранение биоразнообразия России» в 1997–2003 гг. Проект позволил оценить объем имеющейся информации и создать первые базы данных по томам Летописей природы отдельных заповедников.

Наиболее последовательным и масштабным в части систематизированного сбора и оцифровки данных в настоящее время является проект «Летопись природы Евразии – широкомасштабный анализ изменяющихся экосистем / Eurasian Chronicle of Nature – Large Scale Analysis of Changing Ecosystems» (ЛПЕ/ECN). Проект организован Университетом Хельсинки в 2011 г. при финансовой поддержке Академии наук Финляндии. В проекте объединены данные из 114 охраняемых природных территорий на постсоветском пространстве, в том числе из 92 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) России. Проект предусматривает возможность использования собираемых на ООПТ данных о природе при выполнении программы «Летопись природы» в научных целях и их хранение в единой базе данных Earthscape. В рамках проекта были разработаны унифицированные шаблоны таблиц, по которым сотрудники организаций, участвующих в проекте, оцифровывали разделы Летописей и передавали электронные таблицы в общую базу данных. В первую очередь были подготовлены массивы данных по следующим разделам Летописи природы: фенологический календарь (данные о сроках наступления метеоявлений и различных феноявлений в жизни растений, грибов и животных), численность млекопитающих (мелкие мышевидные и промысловые), численность птиц, урожайность ягод и травянистой растительности на постоянных пробных площадях. Наиболее востребованы сегодня фенологические данные, которые позволяют вести научные исследования по актуальному направлению – изучению воздействия изменения климата на природные экосистемы и изменения взаимодействия человека и природы в связи с климатическими факторами. В рамках этого проекта подготовлены и опубликованы более 500 тыс. записей о фенологических явлениях (Ovaskainen et al., 2019, 2020).

Проект ЛПЕ/ECN стимулировал публикации данных о биоразнообразии учреждениями, осуществляющими управление ООПТ, в международной сети открытых данных GBIF – Глобальной информационной системе о биоразнообразии. Этот межправительственный инструмент сотрудничества и обмена данными активно развивается в настоящий момент в России. Пионерные публикации из учреждений Минприроды России, в ведении которых находятся ООПТ, были сделаны ФГБУ «Приокско-Тerrasный государственный заповедник»

(Prioksko-Terrasnyi Boisphere Reserve). С 2016 г. опубликовано около 30 тыс. записей о фенологии, находках высших растений, пауков и млекопитающих. В результате различных активностей за 4 года на портале GBIF.org зарегистрировано уже 50 российских учреждений Минприроды России (всего в сети GBIF зарегистрированы 96 организаций из России) и опубликованы данные по 24 (из 46) биосферным резерватам России.

В 2019 г. ФГБУ «Приокско-Террасный государственный заповедник» проведена школа-семинар по оцифровке и публикации в сети GBIF данных Летописей природы для сотрудников учреждений Минприроды России, осуществляющих управление федеральными ООПТ. Проведение школы финансировалось ФГБУ «Приокско-Террасный государственный заповедник» и грантом Секретариата GBIF (Russia-2019-03). Проект Russia-2019-03 позволил мобилизовать более 30 тыс. записей о российских заповедных территориях через их публикацию на портале GBIF.org. По итогам школы-семинара было подготовлено и опубликовано в сети Интернет учебное пособие «Оцифровка данных Летописей природы и научных биологических коллекций особо охраняемых природных территорий» (Буйолов и др., 2019). В пособии представлены конкретные предложения и приведены примеры оцифровки данных Летописи природы в соответствии с основным стандартом GBIF – Darwin Core (Wieczorek et al., 2012). Фенологические данные рекомендуется публиковать как находки (Occurrence Data). В связи с тем, что стандартом DwC пока не предусмотрено специальных полей, предназначенных для фенологических данных, предлагается использовать `dynamicProperties` (<http://rs.tdwg.org/dwc/terms/dynamicProperties>) или раздел `MeasurementOrFact` (<https://dwc.tdwg.org/terms/#dwc:dynamicProperties>). Данные учетов и картирования на постоянных пробных площадках и/или учетных линиях и транссектах (учеты птиц, мелких млекопитающих, определение урожайности ягодников и травянистой растительности, геоботанические описания) целесообразно публиковать как Sample-Based Data.

Несмотря на многолетние усилия, большая часть данных Летописей на сегодня остается неоцифрованной, многие тома хранятся в сканированной (и/или бумажной) копии. В некоторых ООПТ отдельные данные имеются в форме электронных таблиц, но используются исключительно узким кругом лиц и часто не доходят до публикаций в виде научных статей. Ряд обязательных разделов Летописи природы, в которых имеются обширные данные о встречах редких, исчезающих и промысловых видов животных и растений (картотека встреч), учетах беспозвоночных (ловушки и ручной разбор почвенной мезофауны, зообентос и другие гидробиологические пробы) преимущественно еще не оцифрованы или не опубликованы в виде наборов данных.

Все данные программы Летописи природы собраны по единой (или сходной) методике профессиональным штатом сотрудников на протяжении многих лет, на одних и тех же ненарушенных участках заповедных экосистем. Это делает их уникальным источником информации для изучения воздействия климатических изменений на природные экосистемы в Северной Евразии, а также проведения иных исследований, связанных с биологическим разнообразием.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 19-05-00363 и гранта Секретариата GBIF, проект Russia-2019.

Литература

- Буйволов Ю. А., Иванова Н. В., Шашков М. П. Оцифровка данных Летописей природы и научных биологических коллекций особо охраняемых природных территорий: учеб. пособие. ФГБУ Приокско-Террасный государственный природный биосферный заповедник, 2019. 38 с. URL: <https://pt-zapovednik.ru/wp-content/uploads/2019/11/GBIF-CookBOOK-for-protected-areas-Ver-1.0.pdf> (дата обращения: 31.01.2020).
- Координационный план научных исследований государственных заповедников СССР на 1986–1990 гг. М., 1988. 25 с.
- Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д. Летопись природы в заповедниках СССР: методическое пособие. М.: Наука, 1990. 160 с.
- Ovaskainen O., Meyke E., Lo C., Tikhonov G., Delgado M., Roslin T., ... Kurhinen J. Chronicles of Nature Calendar: A long-term and large-scale multitaxon database on phenology (Version 1.0.3.2): Data set. Zenodo, 2019. DOI: [10.5281/zenodo.3595579](https://doi.org/10.5281/zenodo.3595579)
- Ovaskainen O., Meyke E., Lo C. et al. Chronicles of nature calendar, a long-term and large-scale multitaxon database on phenology // Scientific data. 2020. V. 7. Article 47. DOI: [10.1038/s41597-020-0376-z](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0376-z)
- Wieczorek J., Bloom D., Guralnick R., Blum S., Döring M., Giovanni R. et al. Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard // PLoS ONE. 2012. V. 7 (1). e29715. DOI: [10.1371/journal.pone.0029715](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715)

ОПЫТ ВНЕСЕНИЯ АРХИВНЫХ ДАННЫХ О БИОРАЗНООБРАЗИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В GBIF

Вавилов Д. Н.

*Институт проблем экологии и недропользования
Академии наук Республики Татарстан, Казань, Россия*

EXPERIENCE OF ARCHIVE DATA INPUT INTO GBIF

Vavilov D. N.

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use
of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia,
ORCID: [0000-0002-2651-7978](https://orcid.org/0000-0002-2651-7978)*

Corresponding e-mail: sabantsev.ipen@gmail.com

Summary: this article summarizes work that was done in the field of systematization of biodiversity data, collected at the territory of the Republic of Tatarstan, including archive data and scientific collections of the Laboratory of Biomonitoring.

Keywords: biodiversity, Coleoptera, Carabidae, Silphidae, archive data, GBIF

Со времени подписания Международной конвенции о биологическом разнообразии и разработки национальной стратегии по сохранению биоразнообразия в России прошло почти 30 лет. Много было сделано в практическом плане в этой области за последние годы (образование ООПТ). Однако как можно пытаться сохранить то, что еще не полностью изучено? В Республике Татарстан, да и в других, соседних регионах вопросами биоразнообразия занимаются считанные единицы. Отсутствуют видовые списки для многих таксонов животных. На этом фоне приятно контрастируют европейские страны.

Большую помощь в этом могут оказать электронные базы данных. Одним из таких ресурсов является GBIF, который бывает чрезвычайно полезен в некоторых случаях при обработке данных.

За последние годы интерес к этому ресурсу в России значительно возрос. Проходят семинары и конференции. В прошлом году к GBIF присоединились десятки ООПТ и других организаций России. В Республике Татарстан это Волжско-Камский заповедник.

До недавнего времени единственная информация о биоразнообразии на территории Республики Татарстан поступала в GBIF из популярного приложения iNaturalist. Организованный рядом ученых проект под названием «Дикая природа Татарстана» является частью более крупного проекта «Живая природа России». Каждый день туда поступают данные о находках видов животных и растений. Институт проблем экологии и недропользования в прошлом году стал первым участником GBIF в Республике Татарстан.

Для составления первой базы данных в GBIF, нами были взяты данные по распределению двух семейств жесткокрылых (жужелицы и мертвоеды) в Волжско-Камском заповеднике, где исследования охватывают период с 2014-го по 2019 г., и в новом заказнике «Волжские просторы». Сборы из почвенных ловушек охватили около 12 000 экз. Жуков

определяли в лабораторных условиях, проверку определения некоторых видов проводили в Москве. В заповеднике исследованиями были охвачены 26 биотопов, на островах – 53. Таблицы приведены в соответствии с требованиями базы данных. Недавно в GBIF были опубликованы 4 датасета от ИПЭН АН РТ, включающие более 1 400 индивидуальных встреч видов жесткокрылых (Vavilov, 2020). В результате на территории России появились виды жуужелиц, которые ранее там не были отмечены в соответствии с сайтом. При этом на территории Европы эти виды порой представлены тысячами находок. Многие эти виды на самом деле имеют довольно широкое распространение на территории России, однако данные об этом приходится собирать из многочисленных литературных источников.

Помимо внесения недавно полученных данных, в GBIF есть возможность публикации данных из литературных источников, а также архивных записей и коллекций. Лаборатория биомониторинга ИПЭН располагает обширной коллекцией сборов, начиная с 1910-х годов. Проводится активная работа по определению и систематизации материала, собранного не только в Республике Татарстан, но и в соседних регионах, многими энтомологами (Алейникова, 1964, 1979; Утробина, 1956; Жеребцов, 2000).

Помимо этого, в электронном виде сохранились оттиски листов с первичной обработкой полевого материала начиная с 1940-х годов. При публикации этого материала через GBIF мы сталкиваемся со многими трудностями. Во-первых, методы исследований тех лет значительно отличаются от современных. Во-вторых, определение точного местоположения находки сопряжено с большими трудностями в силу изменений, произошедших в географии и топографии региона. Изменения затронули также и растительность, происходит сукцессия сообществ.

Благодарности

Я выражаю искреннюю благодарность за помощь в сборе и систематизации материала сотрудникам лаборатории биомониторинга Т. А. Гордиенко и Р. А. Суходольской.

Литература

- Алейникова М. М. Почвенная фауна Среднего Поволжья: сборник статей. Отв. ред. М. М. Алейникова. М.: Наука, 1964.
- Алейникова М. М., Порфирьев В. С., Утробина Н. М. Парцеллярная структура елово-широколиственных лесов востока европейской части СССР. М.: Наука, 1979. 92 с.
- Жеребцов А. К. Определитель жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) Республики Татарстан. Казань, 2000. 74 с.
- Утробина Н. М. Жуки-щелкуны Татарской АССР и их вредоносное значение для сельского хозяйства. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Горький: [б. и.], 1956.
- Vavilov D. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Volga-Kama Nature Reserve. Occurrence dataset. Version 1.1. Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 2020. DOI: [10.15468/ctwlpp](https://doi.org/10.15468/ctwlpp) (accessed via GBIF.org on 2020-02-25).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАТИКИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ АЛТАЙСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЫ (РАСТЕНИЯ)

Ваганов А. В., Жолнерова Е. А., Шмаков А. И.

*Алтайский государственный университет, Южно-Сибирский ботанический сад,
Барнаул, Россия*

BIODIVERSITY INFORMATICS METHODS IN FORMING OF THE RED DATA BOOK OF THE ALTAI MOUNTAIN COUNTRY (PLANTS)

Vaganov A. V.¹, Zholnerova E. A.², Shmakov A. I.²

¹*Altai State University, South-Siberian Botanical Garden, Barnaul, Russia,
ORCID: [0000-0002-7584-5150](https://orcid.org/0000-0002-7584-5150)*

²*Altai State University, South-Siberian Botanical Garden, Barnaul, Russia*

Corresponding e-mail: vaganov_vav@mail.ru

Summary: to solve one of the tasks of the «Flora of Altai» project on monitoring of rare and endemic plant species, we propose modern approaches and methods of biodiversity informatics. The empirical basis for the two GBIF datasets was the herbarium material of the ALTB with more than 450 thousand specimens.

Keywords: Altai Mountain Country, ALTB, dataset, endemic, GBIF, GeoJSON, plants, rare species, Red Data Book

Введение

Из континентальных горных стран Сибири Алтайская горная страна (АГС) – не только высочайшее современное поднятие, но и одновременно наиболее благоприятное для развития органической жизни пространство в Сибири (и в целом – в Северной и Центральной Азии). Рельеф горной страны исключительно сложен, так как здесь сочетаются широтно и меридионально простирающиеся хребты, районы типичных мелкосопочников, межгорные котловины, высокогорные плато и обширные нагорья (Камелин, 1998).

Биоразнообразие территории АГС исследуется на протяжении более 200 лет. На территории Алтайской горной страны произрастает более 2 700 растений, 300 из которых являются эндемиками. Комплексное исследование трансграничной территории АГС в пределах естественных ботанико-географических природных границ началось более 25 лет назад. В результате полномасштабных экспедиционных исследований специалистами Южно-Сибирского ботанического сада Алтайского государственного университета (ЮСБС АлтГУ, г. Барнаул) под руководством Ботанического института им. В. Л. Комарова (г. Санкт-Петербург) за довольно короткий период был собран обширный гербарный материал, насчитывающий более 450 тыс. экземпляров (Гербарий ALTB, Барнаул) (Шмаков и др., 2019).

Одна из задач, поставленная ответственным редактором многотомного издания «Флора Алтая» Р. В. Камелиным (2005), дословно звучала так: «Для видов, находящихся под охраной в разных государствах, будут даны указания на включение их в Красные книги, а для заслуживающих охраны, но пока не охраняемых – рекомендации к охране».

Данные о биоразнообразии либо разбросаны по многим базам данных, либо хранятся на бумаге или других носителях, недоступных для интерактивного поиска. Глобальный информационный фонд о биоразнообразии (GBIF, <http://www.gbif.org>) является основой для облегчения оцифровки научных коллекций и для обеспечения совместимости пока еще неизвестного числа биологических баз данных, которые распространены по всему миру (Edwards et al., 2000), ярким успешным примером интеграции разрозненных данных о биологическом разнообразии мира (Филиппова и др., 2017).

С 2010 года в порядке инициативной темы было положено начало формированию базы данных цифровой коллекции «Виртуальный Гербарий ALTB» (№ свидетельства на БД 2010620024 от 11.01.2010), доступной на сервере Южно-Сибирского ботанического сада (<http://ssbg.asu.ru/>). База данных разработана в веб-интерфейсе СУБД MySQL5 phpMyAdmin 5, содержит фильтр с выпадающими списками (коллекция, семейство, вид, страна, тип гербарного материала). В декабре 2017 года Алтайский государственный университет стал издателем данных в GBIF (<https://www.gbif.org/publisher/943a5811-d56e-4c37-853d-bd64957d3833>). На момент подготовки данной статьи от издателя АлтГУ интегрировано в GBIF 16 272 записи (тип «OccurrenceData» – наборы данных об отдельных находках), подкрепленных цифровыми изображениями гербарного листа из фонда Гербария ALTB (датасет «Virtual Herbarium ALTB (South-Siberian Botanical Garden)»).

Материалы и методы

В настоящем исследовании для формирования Красной книги АГС (растения) мы сфокусировали внимание на группе редких и эндемичных видов растений, произрастающих в пределах трансграничной территории АГС.

Одним из базовых принципов нашего исследования является приоритет естественных ботанико-географических границ АГС над государственными и региональными. Связано это, в первую очередь, с тем, что в пределах АГС значительно более полно выявляется высокий общий эндемизм горной флоры (в том числе и на уровне эндемичных родов), но также и с особой оригинальностью флоры разных частей страны, в том числе принадлежащих разным флористическим провинциям (Флора Алтая, 2005). Актуальность сведениям, содержащимся в Красной книге АГС, придает динамичный подход регулярно обновляемых и пополняемых (в режиме онлайн) геопространственных данных о точном распространении редких и эндемичных растений, произрастающих исключительно в пределах естественного выдела земной суши – Алтайской горной страны. Второй принципиальный момент, на котором базируется проект, – обязательное дополнение геопространственных данных гербарным материалом с его цифровой копии, индексируемой в GBIF.

Формирование первоначального списка растений Красной книги АГС основано на ревизии существующих Красных книг Российской Федерации (2008), Казахстана (2014), Монголии (2013) и Синьцзян-Уйгурского АР Китая (2006), а также Красных книг различных регионов России: Алтайского края (2016), Республики Алтай (2017), Кемеровской обл. (2012), Красноярского края (2012), Республики Тыва (2018) и Республики Хакасия (2012). Список растений формировался с учетом их произрастания в пределах границ АГС с обязательным указанием статуса.

Границы АГС нами были определены согласно выделенным Р. В. Камелиным в первом томе «Флоры Алтая» (2005) 19 ботанико-географическим районам. Полигоны для границ АГС и всех ботанико-географических районов выполнены нами на основе топографических карт (масштаб – 1:500 000) с использованием плагина WP Google Maps. Полученные наборы координат были отредактированы в современной спецификации создания географических

структур GeoJSON. Полигон АГС в спецификации GeoJSON может быть использован в фильтре «Location» раздела «Occurrence» в GBIF. Для работы с полигонами АГС (граница АГС и районы) в различных ГИС-приложениях нами были подготовлены оригинальные шейп-файлы (*.shp). Шейп-файлы и полигоны GeoJSON можно свободно скачать в разделе «Карта АГС» проекта «Флора Алтай» в сети Интернет (<http://altaiflora.asu.ru>).

Проблема хранения и обмена данными о пространственном распространении редких и эндемичных видов растений в мультязычной среде трансграничного региона АГС решена в техническом выражении путем использования спецификации Darwin Core. Спецификация Darwin Core разработана специально International Working Group on Taxonomic Databases For Plant Sciences (TDWG) и используется для хранения данных о биоразнообразии в мире.

Результаты и их обсуждение

В результате инвентаризации всех национальных и региональных Красных книг в настоящее время подготавливается список редких и эндемичных видов растений. Данный список будет принят за основу при подготовке сводной базы данных. БД включает наименование таксона с указанием автора(-ов), названия Красной(-ых) книги(-г) и статуса(-ов) редкости. База данных послужит основой для двух датасетов. Первый датасет – «Red List of Altai Mountain Country (plants)» – планирует получить полный список редких и эндемичных видов растений АГС (тип данных «ChecklistData»). Второй датасет GBIF – «Red Book of Altai Mountain Country (plants)» (тип данных «OccurrenceData») будет содержать следующие термины: occurrenceID, references, basisOfRecord, country, countryCode, family, genus, specificEpithet, acceptedNameUsage, catalogNumber, recordedBy, verbatimLocality, verbatimCoordinates, decimalLatitude, decimalLongitude, verbatimElevation, verbatimEventDate, eventDate, identifiedBy и typeStatus. Описания терминов Darwin Core от TDWG даны на ресурсе rs.tdwg.org/dwc/terms.htm#taxonID. Обязательным основанием вхождения таксона в данный датасет, как и для имеющихся в нем в текущий момент, является наличие точной геопривязки в этикетке.

Для поддержания процессов накопления, хранения, обработки и формирования данных при реализации задачи выявления редких и эндемичных видов растений, нами были обозначены методологические подходы и принципы формирования Красной книги Алтайской горной страны (растения) методами информатики биоразнообразия в трансграничном пространстве в пределах России, Казахстана, Монголии и Китая.

Заключение

Результаты имеют прикладное значение, так как любой заинтересованный пользователь сети Интернет с помощью полигонов АГС в спецификации GeoJSON, выбрав требуемый таксон из «Red List of Altai Mountain Country (plants)», будет способен произвести в GBIF необходимый вид анализа (географический, таксономический, фенологический и пр.) в реальном времени по данным за более чем 200-летний период наблюдений. Кроме этого, сведения о точном распространении таксонов из Красной книги АГС можно скачать в формате Darwin Core с GBIF и использовать в программах ГИС для подготовки карт по редким и эндемичным видам растений, добавляя при этом данные личных находок и полевых наблюдений.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Алтайского края в рамках научного проекта № 19-44-220004_p_a.

Литература

- Камелин Р. В. Материалы по истории флоры Азии (Алтайская горная страна). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1998. 240 с.
- Красная книга Алтайского края. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / О. В. Александрова, О. К. Батюта, Д. Л. Белкин и др. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. Т. 1. 292 с.
- Красная книга Казахстана. 2-е изд., перераб. и доп. Т. 2: Растения. Астана: ТОО «АртPrintXXI», 2014. 452 с.
- Красная книга Кемеровской области. Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов, 2-е изд., перераб. и доп. Кемерово: Азия принт, 2012. 208 с.
- Красная книга Красноярского края: в 2 т. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск: СФУ, 2012. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений и грибов. Гл. ред. Н. В. Степанов. 572 с.
- Красная книга Республики Алтай (растения). 3-е изд., перераб. и доп. Горно-Алтайск, 2017. 267 с.
- Красная книга Республики Тыва (животные, растения и грибы). Отв. ред. С. О. Ондар, Д. Н. Шауло. 2-е изд., перераб. и доп. Кызыл: Фаворит, 2018. 564 с.
- Красная книга Республики Хакасия: редкие и исчезающие виды растений и грибов. Отв. ред. Е. С. Анкипович. 2-е изд., перераб. и доп. Новосибирск: Наука, 2012. 288 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. 855 с.
- Филиппова Н. В., Филиппов И. В., Щигель Д. С., Иванова Н. В., Шашков М. П. Информатика биоразнообразия: мировые тенденции, состояние дел в России и развитие направления в Ханты-Мансийском Автономном Округе // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2017. Т. 8. № 2. С. 46–56. DOI: [10.17816/edgcc8246-56](https://doi.org/10.17816/edgcc8246-56)
- Флора Алтая. Т. 1. Отв. ред. и ред. тома Р. В. Камелин. Барнаул: АзБука, 2005. 340 с.
- Шмаков А. И., Ваганов А. В. Проект «Флора Алтая»: итоги реализации и перспективы // Материалы Первого Международного алтаистического форума «Тюрко-монгольский мир большого Алтая: историко-культурное наследие и современность» (Барнаул – Горно-Алтайск, 12–14 сентября 2019 г.). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2019. С. 386–387.
- Edwards J. L., Lane M. A., Nielsen E. S. Interoperability of Biodiversity Databases: Biodiversity Information on Every Desktop // Science. 2000. V. 289. P. 2312–2314. DOI: [10.1126/science.289.5488.2312](https://doi.org/10.1126/science.289.5488.2312)
- Mongolian Red Book. Ulaanbaatar: «Admon print» Press, 2013. 454 p.
- Yin L. K., Tan L. X., Wang B. Rare endangered endemic higher plants in Xin Jiang of China. Urumqi, China: Science Press, 2006. 159 p.

ОЦИФРОВКА ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В СИБИРСКОМ ИНСТИТУТЕ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ РАСТЕНИЙ СО РАН

Верхозина А. В.¹, Агафонова Т. А.¹, Антонов И. А.¹, Воронин В. И.¹, Егорова И. Н.¹,
Иванова М. В.¹, Казановский С. Г.¹, Калугина О. В.¹, Кривенко Д. А.¹, Малышева В. Ю.¹,
Михайлова Т. А.¹, Мориц Р. С.¹, Морозова Т. И.¹, Мурашко В. В.¹, Осколков В. А.¹,
Преловская Е. С.¹, Суворова Г. Г.¹, Тарасов Д. В.¹, Федоров Р. К.², Шергина О. В.¹,
Шишпаренок А. А.¹, Эбель А. Л.³

¹*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия*

²*Институт динамики систем и теории управления им. В. М. Матросова СО РАН,
Иркутск, Россия*

³*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

DIGITIZATION OF ECOLOGICAL MONITORING DATA AT THE SIBERIAN INSTITUTE OF PLANT PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY SB RAS

Verkhosina A. V.¹, Agafonova T. A.¹, Antonov I. A.¹, Voronin V. I.¹, Egorova I. N.¹,
Ivanova M. V.¹, Kazanovsky S. G.¹, Kalugina O. V.¹, Krivenko D. A.¹, Malysheva V. Yu.¹,
Mikhailova T. A.¹, Moritz R. S.¹, Morozova T. I.¹, Murashko V. V.¹, Oskolkov V. A.¹,
Prelovskaya E. S.¹, Suvorova G. G.¹, Tarasov D. V.¹, Fedorov R. K.², Shergina O. V.¹,
Shishparenok A. A.¹, Ebel A. L.³

¹*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk, Russia*

³*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

Corresponding e-mail: allaverh@list.ru

Summary: the results of assessing the state of digitization of ecological monitoring data at the Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS are presented. Data includes information on biodiversity and forest monitoring of Baikal Siberia. The total volume of all databases is almost 100000 accounts, which is a quarter of all obtained data.

Keywords: Baikal Siberia, monitoring, biodiversity, ecosystems state, digitization, databases, information and analytical systems

Современные исследования природных экосистем требуют комплексного использования данных, накопленных в различных организациях. Интеграция и совместный анализ этих данных могут дать новые знания, но обмен данными даже внутри одной организации, а тем более между организациями, всё еще не налажен в должной мере.

Данные мониторинга наземных экосистем Байкальской Сибири, полученные в СИФИБР СО РАН, включают сведения по биоразнообразию и лесному мониторингу. Институт является правообладателем 14 свидетельств о государственной регистрации баз данных (БД). В СИФИБР

разрабатываются две информационно-аналитические системы (ИАС). Общий объем БД составляет почти 100 000 учетных записей, что составляет четвертую часть всех данных. В подсчетах не учтены БД о балансе углерода, объем которых приводится только в байтах.

1. Биоразнообразие

1.1. ИАС по фиторазнообразию Байкальской Сибири (Верхозина и др., 2016) разрабатывается в сотрудничестве с ИДСТУ СО РАН, на основе предложенной ими информационной среды (Brychkov et al., 2019). ИАС может развиваться не только путем увеличения массива ботанических данных, но и любых других данных, как регионально, так и таксономически, а также посредством развития и разработки методов их обработки.

Основой для создания ИАС по флоре сосудистых растений Байкальской Сибири послужила БД Гербария сосудистых растений СИФИБР СО РАН, которая сейчас содержит 57 247 записей (из них 49 655 являются образцами, хранящимися в СИФИБР СО РАН, остальные – дубликаты) и пополняется. По нашим подсчетам, в БД внесено более половины всех образцов.

ИАС используется также для ведения БД чужеродных растений Южной Сибири и БД контроля пространственно-временного аспекта фитоинвазий Байкальской Сибири.

БД гербария моховидных реализована в ИАС по фиторазнообразию Байкальской Сибири и как настольная БД. В нее внесено 3 % коллекции, по нашим подсчетам, включающей 70 000 образцов. Данные из нее передаются в БД «Флора мхов России» (2019).

Начато формирование БД микологического гербария. В нее внесено 5,9 % коллекции.

Сформирована БД альгологического гербария для всех представленных в коллекции изолятов (900 образцов).

1.2. ИАС по биоразнообразию насекомых Байкальского региона (Antonov, 2019) создана в лаборатории природных и антропогенных экосистем. Из общего объема энтомологической коллекции (150 000 экземпляров) оцифровано около 13 % (19 044 учетных записей). Четыре реляционных БД ИАС зарегистрированы в государственном реестре БД (Антонов, Силаев, 2018; Антонов, 2018; Антонов и др., 2019а, 2019б).

2. Лесной мониторинг

Данные включают сведения о балансе углерода, эколого-физиологическом состоянии лесов, дендрохронологии, лесопатологической обстановке и имеют широкий спектр применения в эколого-физиологических и лесоводственных исследованиях.

2.1. Баланс углерода

Данные о фотосинтезе, дыхании хвойных и сопутствующих факторах среды зарегистрированы в государственном реестре БД на 60–70 % в виде 9 БД (Суворова и др., 2013, 2014, 2017, 2018, 2019; Суворова, 2016, 2019; Суворова, Иванова, 2018, 2019). Данные получены методом инфракрасного газового анализа и могут быть использованы при исследовании бюджета углерода в лесных экосистемах, баланса углерода хвойных, фотосинтетических и дыхательных затрат на формирование стволовой древесины и дыхательную активность стволов, видоспецифических особенностей продукционного процесса хвойных, пластичности реализации их фотосинтетического потенциала, подвижности оптимальных диапазонов климатических параметров, адаптивной регуляции нетто-фотосинтеза хвойных при воздействии абиотических факторов в природных условиях.

2.2. Эколого-физиологическое состояние хвойных лесов Байкальской Сибири

Начата регистрация БД многолетнего мониторинга эколого-физиологического состояния хвойных лесов Байкальской Сибири. На основе данных о состоянии сосновых древостоев зарегистрированы две БД (Михайлова и др., 2019, 2020). Элементный химический состав хвои

сосны обыкновенной дает информацию как об уровне загрязнения лесов техногенными выбросами, так и о степени нарушения их жизненного состояния. По предварительным оценкам, зарегистрировано 50 % общего объема данных.

2.3. *Древесно-кольцевые хронологии* основных хвойных пород Байкальской Сибири включают 90 обобщенных хронологий (4 000 индивидуальных серий), в том числе хронологии протяженностью 150 лет из Южного Прибайкалья (Хамар-Дабан), протяженностью 500 лет из Северного Прибайкалья (Байкальский хр., пер. Даван), протяженностью 2 000 лет и ряд плавающих хронологий, полученных по полуископаемой древесине голоценового возраста (от 3 тыс. до 12 тыс. лет по радиоизотопным датировкам, долина р. Муя и др.). Данные содержат сведения о динамике ширины годичных колец и изменении их изотопного состава ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$; $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) (Voronin, Schleser, Helle) и могут быть использованы для палеореконструкций климата, датировки археологических объектов, выявления различных природных событий (лесных пожаров, наводнений и т.п.) и их прогнозирования.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках проектов № 17-44-388084 р-а, № 20-44-380009, № 20-44-380016, № 20-45-380009 и проектов РФФИ № 17-29-05074/19 и № 18-04-00822.

Литература

- Верхозина А. В., Федоров Р. К., Казановский С. Г., Шумилов А. С., Кривенко Д. А., Мурашко В. В. Информационно-аналитическая система по фиторазнообразию Байкальской Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». 2016. Т. 9. № 3.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2013620244 «Фотосинтез хвойных Байкальской Сибири и факторы среды» / Суворова Г. Г., Оскорбина М. В., Копытова Л. Д., Янькова Л. С., Филиппова А. К., 2013.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2014621463 «Фотосинтез хвои и ствольное дыхание сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в условиях юга Восточной Сибири» / Суворова Г. Г., Копытова Л. Д., Янькова Л. С., Оскорбина М. В., Осолков В. А., 2014.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2016620138 «Видоспецифические показатели фотосинтетической активности хвои у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в условиях юга Восточной Сибири» / Суворова Г. Г., 2016.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2017620467 «Фотосинтез подроста хвойных деревьев в Приангарье» / Суворова Г. Г., Осолков В. А., Иванова М. В., 2017.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2018620269 «Хвоегрызущие насекомые Байкальской Сибири» / Антонов И. А., Силаев А. С., 2018.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2018620751 «Дыхание стволов хвойных деревьев (часовые значения 2011–2015 гг.)» / Суворова Г. Г., Осолков В. А., Иванова М. В., 2018.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2018620903 «Ствольное дыхание деревьев трех видов хвойных в природных условиях (суточные значения 2004–2015 гг.)» / Суворова Г. Г., Иванова М. В., 2018.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2018621774 «Муравьи Байкальского региона» / Антонов И. А., 2018.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2019620490 «Фотосинтетическая продуктивность хвойных лесостепного Предбайкалья (1978, 1980–1989 гг.)» / Суворова Г. Г., 2019.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2019620811 «30-летняя динамика фотосинтетического поглощения углерода лиственницей сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и лиственницей Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) в природных условиях юго-запада Байкальской Сибири (1980–1989, 1995–1999. 2001, 2003–2015 гг.)» / Суворова Г. Г., Иванова М. В., 2019.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2019620827 «Фотосинтез четырех видов хвойных в природных условиях (2012–2015 гг.)» / Суворова Г. Г., Иванова М. В., Осолков В. А., 2019.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2019621131 «Элементный химический состав хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Предбайкалье» / Михайлова Т. А., Калугина О. В., Шергина О. В., 2019.

- Свид. о гос. регистрации БД № 2019621314 «Златки Байкальской Сибири и Северного Приамурья» / Антонов И. А., Агафонова Т. А., Силаев А. С., 2019а.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2019621911 «Короеды Байкальской Сибири и Северного Приамурья» / Антонов И. А., Агафонова Т. А., Силаев А. С., 2019б.
- Свид. о гос. регистрации БД № 2020620126 «Эколого-физиологическое состояние сосновых лесов водосборного бассейна оз. Байкал» / Михайлова Т. А., Калугина О. В., Афанасьева Л. В., Шергина О. В., 2019.
- Флора мхов России. URL: <http://arctoa.ru/Flora/basa.php> (дата обращения: 06.10.2019).
- Antonov I. A. Regional information and analytical system on insect biodiversity of the Baikal region // Information Technologies in the Research of Biodiversity: The proceedings of the International Conference (Irkutsk, 11–14 September 2018) (Earth and Environmental Science: IOP Conference Series). Cham: Springer, 2019. P. 8–13.
- Bychkov I. V., Ruzhnikov G. M., Fedorov R. K., Avramenko Y. V., Shumilov A. S., Shigarov A. O., Verkhovina A. V., Emelyanova N. V., Sorokovoi A. A. Technology of information and analytical support for interdisciplinary environmental studies in the Baikal region // Information Technologies in the Research of Biodiversity : The proceedings of the International Conference (Irkutsk, 11–14 September 2018) (Earth and Environmental Science: IOP Conference Series). Cham: Springer, 2019. P. 116–124.
- Voronin V., Schleser G. H., Helle G. Lake Baikal Region, Russia 600 Year Tree Ring Stable Isotope Data / NOAA: National Centers for Environmental Information, USA. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo-search/study/22455>.

**ВЛИЯЮТ ЛИ ЧУЖЕРОДНЫЕ ДЕРЕВЬЯ И КУСТАРНИКИ
НА БОГАТСТВО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА:
АНАЛИЗ В МАСШТАБЕ ВНУТРИЦЕНОТИЧЕСКОЙ МОЗАИКИ**

Веселкин Д. В., Дубровин Д. И., Пустовалова Л. А., Коржиневская А. А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**DO ALIEN TREES AND SHRUBS AFFECT THE RICHNESS OF FIELD LAYER:
AN ANALYSIS ON THE SCALE OF INTRACENOTIC MOSAIC**

Veselkin D. V., Dubrovin D. I., Pustovalova L. A., Korzhinevskaja A. A.

*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: veselkin_dv@ipae.uran.ru

Summary: we analyzed 800 points on the site measuring 795 × 20 m in the city forest park. We registered: 1) the structure of trees and shrubs canopy's cover; 2) the condition of the field layer on sites of 1 m². The alpha-diversity of the field layer under alien trees was 20% lower than under native ones.

Keywords: non-native species, plant community, taxonomical diversity, urban forest

Введение

Биологические инвазии, или расселение видов растений и животных во вторичных ареалах – глобальный фактор трансформации естественных экосистем. На уровне сообществ чаще всего дискутируемое следствие инвазий растений – снижение разнообразия аборигенных сообществ (Vilà et al., 2006). Опубликовано много подтверждений негативных эффектов, сопровождающих внедрение чужеродных растений в сообщества-мишени (Vilà et al., 2011; Maron, Marler, 2008; Hejda et al., 2009; Lanta et al., 2013), в том числе на Среднем Урале (Veselkin, Dubrovin, 2019).

Хуже оценены последствия инвазий растений на внутриценотическом уровне. Можно ожидать, что последствия инвазий для разнообразия и структуры аборигенных сообществ в масштабе внутриценотической мозаики должны быть хорошо заметны. Исследования, связанные с регистрацией эффектов внутри сообществ, могут способствовать пониманию механизмов взаимодействия чужеродных и аборигенных растений. Насколько мы знаем, ранее в России последствия инвазий растений в таком масштабе не оценивались. Немногочисленные оценки последствий инвазий растений в России выполнены в масштабе сообществ, точнее, при сравнении между собой разных сообществ или пробных площадей (Emelyanov, Frolova, 2011; Kostina et al., 2016; Veselkin, Dubrovin, 2019).

Цель работы – проанализировать зависимость между уровнем доминирования чужеродных древесных растений и видовым богатством напочвенного покрова в масштабе внутриценотической мозаики. Мы сравнили оценки видового богатства напочвенного покрова на метровых участках в зависимости от того, какие растения доминируют в древесном пологе – аборигенные или чужеродные.

Материалы и методы

Район и участок. Полевой этап исследований выполнен в июне 2018 г. в лесопарке Юго-Западный в г. Екатеринбурге (Средний Урал, Россия). По классификации EUNIS лесопарк – это тип местообитания X11: большие парки (крупные, разнообразные зеленые насаждения в городах и поселках > 5 га). Участок размером 795 × 20 м расположен на склоне северной экспозиции с уклоном около 7° от вершины небольшого увала до середины склона. Исходно на участке представлены сосняки крапивно-снытевые с подлеском из *Rubus idaeus* L., злаково-разнотравные и мелкотравные. Сосновый древостой сильно расстроен выборочными рубками, и местами сформированы производные сообщества с *Populus balsamifera* L. и *Acer negundo* L. в первом ярусе. На участке 795 × 20 м заложена сеть точек с квадратными ячейками с шагом 5 м: 5 параллельных друг другу трансект длиной 795 м, на каждой из которых через 5 м размечено по 160 точек. Всего – 800 точек.

Характеристики сообществ растений в каждой точке определили по фотографиям (Полевая геоботаника, 1964). В каждой точке цифровым фотоаппаратом Lumix DMC-FP2 выполнено два снимка: вертикально вверх (с высоты 0.8–1.2 м) и вертикально вниз (с высоты 1.5–2 м). При этом на поверхности почвы лежала рамка 1 × 1 м. На каждой фотографии крон выполнена максимально возможная – до вида или рода – идентификация деревьев и кустарников, попавших в кадр. Глазомерно оценены общее покрытие крон и доля покрытия каждого таксона. На каждой фотографии напочвенного покрова выполнена максимально возможная – до вида, рода или семейства – идентификация невысоких кустарников, травянистых растений и ювенильных / иматурных особей деревьев, попавших в кадр. Подсчитывали только число таксонов, чьи вегетативные или генеративные органы размещались внутри рамки 1 × 1 м. При идентификации деревьев, кустарников и растений напочвенного покрова мы использовали точный список, включающий 131 вид, составленный по итогам 27 предварительных геоботанических описаний этого участка лесопарка (результаты изложены в: Veselkin et al., 2018). Несмотря на то что часть особей на фотографиях идентифицирована только до уровня семейства или рода, при оценке альфа-разнообразия мы используем термин «видовое разнообразие», так как не определенные до уровня вида особи при возможности различить у них морфологические особенности учитывались как разные условные виды (sp1, sp2 и т.д.).

В каждой точке определили доминирующий таксон – доминант – яруса кустарников и деревьев, не разделяя жизненные формы, т.е. не разделяя кустарники, деревья подлеска, деревья второго и первого ярусов. Доминантом считали таксон, листья которого занимают простую наибольшую долю общего покрытия крон на снимке. Все встреченные виды древесных растений отнесли к одной из двух групп: аборигенные или чужеродные. Дополнительно среди чужеродных выделили группу инвазивных.

Анализ данных. Использовали однофакторный ANOVA.

Результаты и их обсуждение

Аборигенные древесные растения доминировали в 492 точках. Чужеродные древесные растения доминировали в 308 точках. Самым распространенным был *Acer negundo* (194 точки).

Среднее для 800 точек число видов напочвенного покрова составило 6.1 вида/1 м² с минимумом от 1 до максимум 15 видов/1 м². Медиана близка к среднему значению – 6 видов/1 м². Число видов напочвенного покрова под разными древесными растениями различалось. Это установлено при анализе всех 800 точек ($F_{(11; 788)} = 11.24$, $P < 0.0001$), а также при анализе 492 точек.

Под разными аборигенными растениями среднее богатство напочвенного покрова варьировало от 5.9 до 9.4 видов/1 м² (*Populus tremula* – 9.4 ± 0.5; *Betula* spp. – 7.1 ± 0.8; *Salix* spp. – 7.1 ± 0.4; *Pinus sylvestris* – 7.0 ± 0.2; *Sorbus aucuparia* – 6.2 ± 0.2; *Prunus padus* – 5.9 ± 0.2). Под чужеродными растениями аналогичный размах был от 4.2 до 5.8 видов/1 м² (*Malus baccata* – 5.8 ± 0.5; *Populus balsamifera* – 5.6 ± 0.3; *Acer negundo* – 5.3 ± 0.2; *Ulmus laevis* – 4.7 ± 0.6; *Acer tataricum* – 4.2 ± 0.4).

В целом под чужеродными древесными число видов напочвенного покрова было значимо ($F_{(1; 798)} = 57.22$; $P < 0.0001$) ниже (5.3 ± 0.1 видов/1 м²), чем под аборигенными (6.6 ± 0.1 видов/1 м²). Под инвазивными (5.3 ± 0.2 видов/1 м²) и неинвазивными (5.0 ± 0.2 видов/1 м²) чужеродными древесными число видов напочвенного покрова не различалось ($F_{(1; 306)} = 1.39$; $P = 0.2393$).

На обследованном участке чужеродные деревья доминировали в 38 % точек. Это указывает на большую трансформированность древесного компонента в результате инвазий (Veselkin, Korzhinevskaya, 2018; Veselkin et al., 2018). Мы установили, что в масштабе «внутри сообщества» под чужеродными древесными растениями альфа-разнообразие напочвенного покрова примерно на 20 % ниже, чем под аборигенными. Это можно трактовать как указание на то, что внутриценотическая мозаика распределения видового богатства напочвенного покрова выражено зависит от флорогенетического статуса древесного доминанта. Наш результат подтверждает общее представление о негативном влиянии чужеродных растений на разнообразие аборигенных сообществ.

Заключение

На сильно трансформированном участке городского лесопарка под кронами чужеродных древесных растений альфа-разнообразие напочвенного покрова примерно на 20 % ниже, чем под аборигенными древесными. Следовательно, чужеродные деревья и кустарники выражено негативно влияют на богатство подчиненных ярусов во внутриценотическом масштабе.

Благодарности

Авторы признательны к.б.н. О. В. Толкачеву и к.б.н. Е. А. Малковой (Институт экологии растений и животных УрО РАН), выполнившим разметку 800 точек на местности. Полевой этап исследований выполнен в рамках темы государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № АААА-А19-119031890084-6, дешифрирование снимков и анализ данных – в рамках проекта РФФИ № 20-44-660013-Урал_a.

Литература

- Полевая геоботаника. Т. 3. Ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. М.-Л.: Наука, 1964. 530 с.
- Emelyanov A. V., Frolova S. V. Ash-leaf maple (*Acer negundo* L.) in coastal phytocenoses of the Vorona River // Rus. J. Biol. Invasions. 2011. V. 2. № 2–3. P. 161–163.
- EUNIS – European Nature Information System. URL: <http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp> (дата обращения: 10.02.2020).
- Hejda M., Pyšek P., Jarošík V. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities // J. Ecol. 2009. V. 97. № 3. P. 393–403.
- Kostina M. V., Yasinskaya O. I., Barabanshchikova N. S., Orlyuk F. A. Toward a issue of box elder invasion into the forests around Moscow // Rus. J. Biol. Invasions. 2016. V. 7. № 1. P. 47–51.
- Lanta V., Hyvonen T., Norrdahl K. Non-native and native shrubs have differing impacts on species diversity and composition of associated plant communities // Plant. Ecol. 2013. V. 214. № 12. P. 1517–1528. DOI: [10.1007/s11258-013-0272-0](https://doi.org/10.1007/s11258-013-0272-0)
- Maron J. L., Marler M. Effects of native species diversity and resource additions on invader impact // Am. Nat. 2008. V. 172. № 1. P. 18–33. DOI: [10.1086/588303](https://doi.org/10.1086/588303)

- Veselkin D. V., Dubrovin D. I. Diversity of the grass layer of urbanized communities dominated by invasive *Acer negundo* // *Rus. J. Ecol.* 2019. V. 50. № 5. P. 413–421. DOI: [10.1134/S1067413619050114](https://doi.org/10.1134/S1067413619050114)
- Veselkin D. V., Korzhinevskaya A. A. Spatial factors of understory adventization in park forests of a large city // *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.* 2018. № 4. P. 54–64. DOI: [10.1134/S2587556618040167](https://doi.org/10.1134/S2587556618040167)
- Veselkin D. V., Korzhinevskaya A. A., Podgaevskaya E. N. The Edge Effect on the Herb–Dwarf Shrub Layer of Urbanized Southern Taiga Forests // *Russ J Ecol.* 2018. V. 49. № 6. P. 465–474. DOI: [10.1134/S1067413618060139](https://doi.org/10.1134/S1067413618060139)
- Veselkin D. V., Korzhinevskaya A. A., Podgayevskaya E. N. The species composition and abundance of alien and invasive understory shrubs and trees in urban forests of Yekaterinburg // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* = Tomsk State University Journal of Biology. 2018. № 42. P. 102–118. DOI: [10.17223/19988591/42/5](https://doi.org/10.17223/19988591/42/5) (In Russian, English Summary.)
- Vilà M., Corbin J. D., Dukes J. S. et al. Linking plant invasions to global environmental change // *Terrestrial ecosystems in a changing world*. Eds. J. Canadell, D. Pataki, L. Pitelka. Berlin: Springer, 2006. P. 93–102.
- Vilà M., Espinar J. L., Hejda M. et al. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems // *Ecol. Lett.* 2011. V. 14. № 7. P. 702–708. DOI: [10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x)

**БАЗА «БИОРАЗНООБРАЗИЕ БЕЛАРУСИ»:
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГРАЖДАНСКОЙ И АКАДЕМИЧЕСКОЙ НАУКИ**

Винчевский А. Е.¹, Бородин О. И.²

¹*Ахова птушак Бацькаўшчыны, Минск, Беларусь*

²*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам,
Минск, Беларусь*

**DATA BASE “BIODIVERSITY OF BELARUS”:
INTERACTION BETWEEN CITIZEN AND ACADEMIC SCIENCE**

Vintchevski A. E.¹, Borodin O. I.²

¹*APB-BirdLife Belarus, Minsk, Belarus*

²*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
for Bioresources, Minsk, Belarus*

Corresponding e-mail: vintchevski@ptushki.org¹, borodinoi_zoo@mail.ru²

Summary: a description is given of the database of the project “Biodiversity of Belarus” supported by the APB-BirdLife Belarus, together with the National Academy of Sciences of Belarus. Currently, the database contains about 30 000 records.

Keywords: cadastres, plants, animals, biodiversity of Belarus

В 2012 году, по инициативе крупнейшей природоохранной общественной организации Беларуси «Ахова птушак Бацькаўшчыны», основанной в 1998 году с целью сохранения биоразнообразия, включая восстановление заболоченных территорий и сохранение целого ряда видов птиц, зверей и рыб, был начат проект, представляющий собой уникальный пример взаимодействия гражданской, академической и университетской науки.

База данных была создана в рамках проекта ПРООН в партнерстве с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь при финансировании ЕС и передана АПБ. В настоящее время база данных размещена по адресу: <https://florafauna.by>.

Проект реализован по аналогии с существующей глобальной базой данных голландского происхождения Observado.org (<https://observation.org/>). Нам импонировали наличие разных классов и типов животных и растений, процедура верификации, демонстрация последних наблюдений, выделение редких регистраций, которые могут быть интересны другим, возможность засекречивания мест пребывания уязвимых видов.

Сходные подходы применяются и в других проектах, например в World Birds и eBird (разнообразие птиц Земли, <https://www.worldbirds.org/>, <https://eBird.org>), «Плантариум» (разнообразие растений Восточной Европы, <https://www.plantarium.ru/>), Artportalen (биоразнообразие Швеции, <https://www.artportalen.se/>). Особенно следует отметить iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>), который набирает всё большую популярность в русскоязычных странах и данные из которого автоматически попадают в Глобальную базу данных о биологическом разнообразии (GBIF, <https://www.gbif.org/>).

Суть проекта florafauna.by заключалась в создании портала, на котором любой пользователь может разместить фотографию животного или растения, с указанием базовой информации о наблюдении. Портал затрагивает только Беларусь. Помимо фотографий на портал можно загружать аудиозаписи, что особенно актуально при регистрации наблюдений за птицами. Кроме того, предусмотрена возможность включения ссылок на видеозапись, предварительно размещенную на Youtube.com.

В последующем группа модераторов, состоящая из компетентных специалистов, работающих в Национальной академии наук Беларуси, ОО «Аховаптушак Бацькаўшчыны», Белорусском и Гродненском государственных университетах, Березинском биосферном заповеднике, осуществляла определение видовой принадлежности размещенных на портале объектов либо валидацию их предварительного определения. Каждый из модераторов, в случае добавления нового наблюдения в рубрику, находящуюся в области его компетенции, получал на почту об этом сообщение с соответствующей ссылкой.

В отличие от iNaturalist, валидацию могут проводить только утвержденные командой проекта специалисты. Тем не менее не исключается обратная связь, когда мнение о корректности проведенной видовой диагностики сможет высказать любой желающий в поле «Комментарии» при каждом наблюдении и автор наблюдения мог бы исправить свою ошибку сам.

Кроме того, на портале существует интерактивный определитель земноводных, пресмыкающихся и птиц Беларуси, адаптированный для широкого круга пользователей. Также следует отметить наличие атласа птиц с сеткой квадратов 50 × 50 км, позволяющего генерировать таблицы о количестве видов, в том числе гнездящихся, наблюдения за которыми зафиксированы в базе данных с привязкой к географическим, в том числе административным, регионам (районам).

С целью популяризации знаний о биологическом разнообразии, с учетом используемых в Observado подходов, а также по согласованию на этапе подготовки структуры базы данных со всеми заинтересованными, наблюдения распределяются по рубрикам, включающим наиболее крупные таксоны.

В частности, все наблюдения по растениям размещаются в разделе «Сосудистые растения». На момент подготовки публикации в базе данных имеются 18 985 наблюдений для 274 видов растений, произрастающих на территории Беларуси.

Касательно животных, в базе данных имеются 14 536 наблюдений для 189 видов, которые рубрифицированы более детально, чем растения. В частности, позвоночные распределены на четыре группы – звери (319 наблюдений), птицы (11 285), рептилии (93) и амфибии (103 наблюдения). Среди беспозвоночных выделены группы: стрекозы (405 наблюдений), прямокрылые (58), полужесткокрылые (143), жуки (742), дневные бабочки (184) и ночные (473) бабочки, перепончатокрылые (173), двукрылые (235), паукообразные (140) и моллюски (183 наблюдений). По птицам в базу были внесены все регистрации редких и залетных видов, подтвержденные Белорусской орнито-фаунистической комиссией за последние 20 лет.

Вовлечение в процесс наблюдений за биологическим разнообразием большого числа людей не только стимулирует развитие гражданской науки, но и позволяет охватить большие территории за относительно небольшой период времени, выявить редкие виды насекомых с коротким периодом лета, а также организовать регулярный мониторинг за отдельными таксонами живых организмов. При этом идеальной представляется ситуация перспективной интеграции накопленных в базе данных наблюдений либо в GBIF напрямую, либо в базы

данных иных порталов, например в разрабатываемую в рамках сайта механизма посредничества базу данных по биологическому разнообразию Беларуси (<https://database-biodiv.by>) или в аналогичные проекты, например Observado или iNaturalist.

БАЗА ДАННЫХ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВИДОВ РОДОВ *DAEDALEOPSIS* В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Владыкина В. Д.¹, Мухин В. А.¹, Бадалян С. М.²

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

²Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

DATABASE ON DISTRIBUTION OF SPECIES *DAEDALEOPSIS* GENUS IN THE ASIAN PART OF RUSSIA

Vladykina V. D.¹, Mukhin V. A.¹, Badalyan S. M.²

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²Yerevan State University, Institute of Pharmacy, Yerevan, Armenia

Corresponding e-mail: vyambusheva@mail.ru

Summary: the database on distribution of 3 species of *Daedaleopsis* genus in Asian part of Russia is represented. It includes data on distribution and substrates of *D. confragosa*, *D. septentrionalis*, *D. tricolor* over a wide area from the Urals in the west to the Pacific Ocean in the east.

Keywords: Basidiomycota, *Daedaleopsis*, distribution, Russia, database

Разработка баз данных о видовом разнообразии грибов, их распространении, экологии является одной из актуальных задач современной микологии. Это дает возможность систематизировать и обобщить накопленные к настоящему времени материалы в виде интерактивных баз данных. Одним из перспективных направлений является подготовка баз данных по отдельным группам, таксонам грибов. Наиболее интересными и значимыми с экологической и генетической точек зрения являются виды рода *Daedaleopsis* Schroet.: *D. confragosa* (Bolton) J. Schröt., *D. septentrionalis* (P. Karst.) Niemelä и *D. tricolor* (Bull.) Bondartsev & Singer. Ареал первого вида охватывает Евразию и Северную Америку, а двух последних видов – Евразию. Все три вида встречаются и в России (Бондарцева, 1998; Gilbertson et al., 1986; Ryvarden et al., 1993; Hansen et al., 1997). Их таксономический статус до сих пор является дискуссионным, и решение этого вопроса во многом затрудняется отсутствием полных данных об их распространении, экологии в обширной азиатской части их ареалов.

На протяжении нескольких последних лет нами ведутся работы по созданию эколого-географической базы данных видов грибов рода *Daedaleopsis* на основе результатов собственных исследований в азиатской части России (Урал, Сибирь, Дальний Восток) и имеющихся литературных данных. Сбор базидиокарпов, их гербаризацию проводили по стандартным микологическим методикам. Определение грибов проведено на основе морфо-анатомических признаков, используемых при диагностике грибов (Бондарцева, 1998). В настоящее время эти образцы хранятся в гербарии кафедры биоразнообразия и биоэкологии ИЕиМ УрФУ.

К настоящему времени данные оформлены в виде электронных таблиц MS Excel и насчитывают около 400 записей, содержащих информацию о местонахождениях с координатами и субстратной приуроченности *D. confragosa*, *D. tricolor* и *D. septentrionalis* в следующих

физико-географических регионах Российской Федерации: Урал (223 записи), Западная Сибирь (58 записей), Средняя Сибирь (22 записи), Алтай-Саянская горная страна (24 записи), горная страна Забайкалья и Прибайкалья (11 записей), Амуро-Сахалинская страна (32 записи), Северо-Притихоокеанская страна (21 запись). Все три рассматриваемых вида можно охарактеризовать как широко распространенные в азиатской части России: встречаются во всех или почти во всех (*D. confragosa* отсутствует в Забайкалье и Прибайкалье) названных физико-географических регионах. Наибольшее количество находок *D. confragosa* относительно других двух видов наблюдается в Западной (55 %) и Средней (42 %) Сибири, а также в Северо-Притихоокеанской стране (95 %). *D. tricolor* чаще встречается на Урале (51 %), Алтае и Саянах (61 %), в Прибайкалье и Забайкалье (73 %) и Амуро-Сахалинской стране (65 %). На Урале и в Западной Сибири распространение этого вида на север ограничено среднетаежными лесами, а обилием он отличается в южной тайге и лесостепи – 50 % всех находок. *D. septentrionalis* преимущественно встречается в северных районах азиатской части России и везде, где он есть, является более редким, чем *D. confragosa* и *D. tricolor*.

В настоящее время база данных готовится для размещения в GBIF (www.gbif.org).

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области: проект 20-44-660012 р_а.

Литература

- Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые. Вып. 2. СПб.: Наука, 1998. 391 с.
Gilbertson R. L., Ryvardeen L. North American Polypores. Vol. 1: Abortiporus-Lindtneria. Oslo, 1986. P. 1–433.
Hansen L., Knudsen H. Nordic Macromycetes. Vol. 3: Heterobasidioid, Aphyllorphoroid and Gasteromycetoid basidiomycetes. Copenhagen: Nordsvamp, 1997. P. 1–444.
Ryvardeen L., Gilbertson R. European Polypores. Part 1: Abortiporus Lindtneria. Synopsis Fungorum 6. Oslo, 1993. P. 1–387.

МИКРОБНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ БИОСИСТЕМЫ РАСШИРЯЮТ ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СОБСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Воробьев Н. И.¹, Пухальский Я. В.¹, Свиридова О. В.¹, Пищик В. Н.^{1,2}

¹*Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия*

²*Агрофизический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия*

THE GENETIC DIVERSITY OF OWN COMPONENTS IS EXTENDED BY PLANT-MICROBIAL BIOSYSTEMS

Vorobyov N. I.¹, Pukhalsky Ya. V.¹, Sviridova O. V.¹, Pishchik V. N.^{1,2}

¹*All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology,
Saint-Petersburg, Russia*

²*Agrophysics Research Institute, Saint-Petersburg, Russia*

Corresponding e-mail: Nik.IvanVorobyov@yandex.ru

Summary: a genetic diversity of biosystem components is supported by biosystems themselves. The Quorum Sensing phenomenon determines the number of active bacterial cells in ecological niches. New endophytic microbial genotypes take priority when settling seeds and successfully reproduce in plants.

Keywords: the genetic diversity of plant-microbial biosystem components, Quorum Sensing, the soil, symbiotic and endophytic grain niches for microorganisms

В Конвенции ООН о биологическом разнообразии отмечена необходимость предвидения, предотвращения значительного сокращения или утраты биологического разнообразия. Сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия имеют решающее значение для удовлетворения потребностей в продовольствии и здравоохранении (Конвенция ООН). В результате интенсивного развития промышленности и сельского хозяйства нарушаются экологические условия, что приводит к сокращению биоразнообразия и изменениям в функционировании отдельных биологических систем.

В то же время происходит расширение генетического разнообразия биосистемных компонентов в агро-биосистемах, которое подтверждается существованием большого количества разнообразных факультативных и облигатных микробно-растительных симбиозов, наблюдаемых в настоящее время (Проворов, 2014, 2018).

Расширение генетического разнообразия микробно-растительных симбиозов связаны с циклическим развитием и прохождением четырех микростадий жизненного микроэволюционного цикла: 1) стохастической миграции бактерий из окружающей среды в зону сборки микробно-растительной биосистемы; 2) инокуляции бактериями временных симбиотических ниш; 3) формирования семенной продукции растениями и размножения бактерий в симбиотических нишах, поддерживаемое выделением в ниши экзометаболитов; 4) миграции бактерий из симбиотических ниш в почвенные ниши и выживания в них до начала следующего жизненного

микроэволюционного цикла. В рамках этих циклических процессов и возникает стимуляция биосистемами расширения генетического разнообразия собственных компонентов.

Новые бактериальные генотипы появляются регулярно в почвенных экологических нишах на четвертой микростадии жизненного микроэволюционного цикла биосистем вследствие горизонтального переноса генов между бактериальными клетками (Jain, 1999). Однако малая начальная численность клеток нового генотипа не позволяет им на равных конкурировать за инокуляцию симбиотических ниш с остальными бактериями, которые на четыре-пять порядков превышают численность новых генотипов. Повышению конкурентоспособности новых генотипов способствует явление Quorum Sensing, которое регулирует соотношение активных и покоящихся клеток в микробных популяциях, находящихся в экологических нишах с ограниченным энергетическим и питательным ресурсом (Conway, 2002; Воробьев, 2015). В покоящемся состоянии клетки не размножаются и используют в минимальном количестве внешние ресурсы для поддержания своих жизненно важных внутренних процессов. Поэтому покоящиеся клетки не мигрируют из мест обитания и не принимают участия в образовании микробно-растительных биосистем. Активные клетки, наоборот, накапливают ресурсы, размножаются и способны мигрировать в симбиотические ниши, сразу после появления последних. Согласно Quorum Sensing, доля активных клеток в бактериальной популяции зависит от пространственной плотности бактериальных клеток в почвенной нише. С возрастанием числа клеток в нише доля активных клеток в бактериальной популяции нарастает непропорционально медленно, а при больших численностях популяций число активных клеток составляет малую долю клеток в популяции (на несколько порядков меньше, чем общее число клеток в популяции). Поэтому новые генотипы конкурируют за инокуляцию симбиотических ниш не со всеми клетками в бактериальных популяциях, а только с небольшой частью активных клеток. Это создает дополнительные преимущества в размножении новых генотипов в симбиотических нишах, появление которых расширяет генетическое разнообразие компонентов микробно-растительных биосистем.

Расширение генетического разнообразия биосистемных компонентов возникает также вследствие колонизации ростостимулирующими ассоциативными бактериями симбиотических и эндофитных зерновых ниш в микробно-растительных биосистемах (Sturz, 2000; Qin, 2011). Новые ростостимулирующие штаммы бактерий способствуют лучшему развитию растений и росту зерновой продукции. При этом ростостимулирующие бактерии проникают в каждое семя и сохраняются в некотором количестве в эндофитных зерновых нишах до будущего посева семян. В результате в общем объеме семян, произведенных группой растений, доля семян с ростостимулирующими бактериями оказывается заметно большей. Поэтому с каждой вегетацией растений доля семян с новыми штаммами ростостимулирующих бактерий будет возрастать, что также приводит к расширению генетического разнообразия биосистемных компонентов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0664-2019-0025.

Литература

Воробьев Н. И., Проворов Н. Quorum Sensing и нодуляционная конкурентоспособность ризобий при инфицировании бобовых растений // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 3. С. 298–304. DOI: [10.15389/agrobiology.2015.3.298rus](https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.3.298rus)

- Конвенция о биологическом разнообразии // Организация объединенных наций: сайт. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml
- Проворов Н. А., Онищук О. П., Юргель С. Н., Курчак О. Н., Чижевская Е. П., Воробьев Н. И., Затовская Т. В., Симаров Б. В. Конструирование высокоэффективных симбиотических штаммов бактерий: эволюционные модели и генетические подходы // Генетика. 2014. № 50 (11). С. 1273–1285.
- Проворов Н. А., Тихонович И. А., Воробьев Н. И. Симбиоз и симбиогенез. СПб.: Информ-Навигатор, 2018. 464 с.
- Conway B., Greenberg E. Quorum-Sensing signals and Quorum-Sensing genes in *Burkholderia vietnamiensis* // J. Bacteriol. 2002. V. 184. P. 1187–1191.
- Jain R., Rivera M. C., Lake J. A. Horizontal gene transfer among genomes: the complexity hypothesis // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1999. V. 96 (7). P. 3801–3806.
- Qin S., Xing K., Jiang J.-H., Xu L.-H., Li W.-J. Biodiversity, bioactive natural products and biotechnological potential of plant-associated endophytic actinobacteria // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2011. V. 89. P. 457–473.
- Sturz A. V., Christie B. R., Nowak J. Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production // Crit. Rev. Plant Sci. 2000. V. 19. P. 1–30.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ НИШИ
МЕЗОМОРФНЫХ МЯТЛИКОВ (*POA* L.) СЕКЦИИ *STENOPOA***

Высоких Т. С.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

**USING GIS-TECHNOLOGIES TO IDENTIFY THE CLIMATIC NICHE
OF MESOMORPHIC BLUEGRASS (*POA* L.), *STENOPOA* SECTION**

Vysokikh T. S.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Corresponding e-mail: ecologia2003@mail.ru

Summary: the study of ecological niches of plants using methods of ecological modeling based on the use of GIS technologies (BIOCLIM, MaxEnt) allows us to solve a number of problems, related to the identification of species habitats and potential opportunities for their distribution.

Keywords: niche models, MaxEnt, species distribution model

Изучение экологических ниш растений с использованием современных методов экологического моделирования, основанных на применении ГИС-технологий, позволяет решать целый ряд задач, связанных как с выявлением современных ареалов растений, так и потенциальными возможностями их распространения, или потенциальными ареалами, под которыми понимаются области, где климатические условия благоприятны для произрастания видов (Работнов, 1983). Зная, в каких условиях распространен вид, можно прогнозировать районы его распространения, в том числе в условиях изменений климата, что может быть использовано для более эффективного сохранения видов, находящихся под угрозой исчезновения, или, напротив, для контроля распространения чужеродных видов с целью уменьшения их обилия и сужения ареала, что, безусловно, важно для сохранения биоразнообразия, обеспечивающего устойчивое развитие естественных экосистем.

Наиболее используемыми методами биоклиматического моделирования, для которых достаточно данных только о присутствии видов, являются BIOCLIM (Nix, 1986) и MaxEnt (Phillips et al., 2006), реализуемые и визуализируемые в программе Diva-GIS (Hijmans et al., 2005). Указанные методы моделирования основаны исключительно на климатических параметрах, не учитывают прочие особенности отдельных местообитаний; следовательно, полученные с помощью описываемых ГИС-технологий ниши правильнее называть эколого-климатическими.

Poa palustris L. и *P. nemoralis* L. – наиболее известные и широко распространенные мезоморфные виды мятликов (*Poa* L.) секции *Stenopoa* Dum. Для сравнения и выявления идентичности эколого-климатических ниш видов *Poa palustris* L. и *P. nemoralis* L. были определены точки их местонахождений с использованием материалов гербарных коллекций и данных литературных источников.

С использованием программного средства Diva-GIS были определены и визуализированы биоклиматические параметры каждого вида для ряда переменных: BIO1 – среднегодовая температура; BIO2 – суточные колебания температуры (среднемесячные); BIO3 – изотермальность $(BIO1 / BIO7) \times 100$; BIO4 – сезонность температуры (коэффициент вариации); BIO5 – максимальная температура наиболее теплого периода; BIO6 – минимальная температура наиболее холодного периода; BIO7 – среднегодовая амплитуда колебания температуры $(BIO5 - BIO6)$; BIO8 – средняя температура наиболее влажного квартала; BIO9 – средняя температура наиболее сухого квартала; BIO10 – средняя температура наиболее теплого квартала; BIO11 – средняя температура наиболее холодного квартала; BIO12 – среднегодовые осадки; BIO13 – осадки наиболее влажного периода; BIO14 – осадки наиболее сухого периода; BIO15 – сезонность осадков (коэффициент вариации); BIO16 – осадки наиболее влажного квартала; BIO17 – осадки наиболее сухого квартала; BIO18 – осадки наиболее теплого квартала; BIO19 – осадки наиболее холодного квартала (Hijmans et al., 2005; Scheldeman, van Zonneveld, 2010). Полученные на основании этих данных с помощью метода BIOCLIM гистограммы показывают частоты различных значений климатических характеристик, наблюдаемых у вида в заданной области. Анализ гистограмм климатических переменных и сравнение полученных результатов со значениями биоклиматических параметров изучаемых регионов потенциального распространения видов позволяют оценить возможности вероятностного распространения видов и выделить благоприятствующие этому факторы.

С использованием алгоритма MaxEnt были получены модели распространения мезоморфных мятликов *P. palustris*, *P. nemoralis* на территории Азиатской России, которые были спроецированы на карты, построенные с помощью программы ArcGIS 10 (ESRI, 2012), в результате чего были построены прогнозные карты распространения этих видов, отражающие возможности расселения видов, обусловленные климатом. Оценка прогностической возможности каждой модели производилась при помощи параметра AUC (Phillips, 2011, online). В результате теста на независимость переменных для анализа было отобрано 8 биологически значимых климатических переменных (BIO1, BIO2, BIO5, BIO7, BIO8, BIO12, 15), коэффициент корреляции между которыми не превышал 0.7, и модели строились на основании этих переменных. Оценка влияния каждой переменной на результирующую модель проводилась тремя независимыми методами – при помощи процентного вклада, пермутации и теста джекнайф (Scheldeman, van Zonneveld, 2010).

Тест идентичности ниш (I-test), реализованный в программе ENMTools (Warren et al., 2008), дает возможность сравнивать экологические ниши таксонов с перекрывающимися ареалами и позволяет выявить статистически значимую разницу между моделями эколого-климатических ниш. В результате попарного сравнения эколого-климатических ниш, сконструированных на основании всех 19 биологически значимых климатических переменных для трех видов, были получены гистограммы с суммарной информацией 10 реплик (10-кратного сравнения).

Проведенный анализ эколого-климатических ниш *P. palustris*, *P. nemoralis* выявил различия как между потенциальными областями распространения, так и в роли климатических переменных в построении моделей. Это может свидетельствовать о различиях в их климатических предпочтениях и адаптациях.

Тест идентичности показал, что, несмотря на перекрывание ареалов, оба вида имеют свои, отличные друг от друга, эколого-климатические ниши. Исследования позволили уточнить ареалы обоих видов.

Литература

- Олонова М. В., Высоких Т. С., Мезина Н. С. Структура эколого-климатических ниш *Poa palustris* L. и *P. nemoralis* L. (Poaceae) на территории Азиатской России // Сибирский экологический журнал. 2018. Т. 25. № 6. С. 712–723.
- Работнов Т. А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1983. 292 с.
- ESRI. ArcGIS Desktop and Spatial Analyst Extension: Release 10.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2012.
- Hijmans R. J., Guarino L., Jarvis A. et al. DIVA-GIS, version 5.2. Manual. 2005. URL: https://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS5_manual.pdf
- Nix H. A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes // Longmore R. (ed.). Atlas of Elapid Snakes of Australia. Australian Flora and Fauna Series No. 7. Canberra: Australian Government Publishing Service, 1986. P. 4–15
- Philips S. J., Anderson R. P., Schapire R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecological Modelling, 2006. V. 190. P. 231–259. DOI: [10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026)
- Philips S. J. A brief Tutorial on MaxEnt. 2011. URL: <https://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/tutorial/tutorial.doc>
- Schelderman X., van Zonneveld M. Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. Rome: Biodiversity International, 2010. 180 p.
- Warren D. L., Glor R. E., Turelli M. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution // Evolution. 2008. V. 62. P. 2868–2883.

**ЭКОЛОГО-ФИТОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ
ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
(НА МАТЕРИАЛАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ)**

Гайда В. В., Ротанова И. Н.

*Алтайский государственный университет,
Барнаул, Россия*

**ECOLOGICAL-PHYTOGEOGRAPHIC GEOINFORMATION-CARTOGRAPHIC
ANALYSIS (ON THE MATERIALS OF THE ALTAI KRAI)**

Gaida V. V.¹, Rotanova I. N.²

¹*Altai State University, Barnaul, Russia*

²*Altai State University, Barnaul, Russia,
ORCID: [0000-0001-5205-5095](https://orcid.org/0000-0001-5205-5095)*

Corresponding e-mail: rotanova@mail.asu.ru

Summary: the developed methodology with the application of the approaches of ecology & landscape mapping and geoinformation technologies made it possible to compile a series of ecological & phytogeographical maps (a map of degradation of the vegetation cover, a map of threat to phytodiversity) and to reveal changes in the vegetation cover on the territory of the Altai Krai.

Keywords: ecological & phytogeographic mapping, geoinformation & cartographic analysis, biodiversity, phytodiversity, vegetation cover, degradation of the vegetation cover, Altai Krai

Картографический метод исследования, получивший новые возможности с применением геоинформационных технологий, относится к одному из основных в оценке биоразнообразия и анализе состояния растительного покрова, выполняемых с применением геоинформационного эколого-фитогеографического картографирования.

Основные виды эколого-фитогеографических карт выделены А. Г. Исаченко. Он подразделяет их на шесть групп карт: типов (видов) сообществ, деградации растительного покрова, биологического загрязнения (интродукции сорных и ядовитых растений), изменения ресурсно- и средозащитных (охранных) функций растительного покрова, нарушения (поражения) растительности, местообитания видов флоры (Исаченко, 2003).

Интенсивное освоение территория Алтайского края началось в конце XIX века. В настоящее время гео- и экосистемы региона испытывают значительную хозяйственную нагрузку, на большей части территории биоразнообразие существенно снизилось. Развитие региона сопровождается возрастанием антропогенного воздействия на природу региона, что вызывает необходимость в более углубленном изучении экологического состояния ландшафтов, в анализе и оценке изменений биоразнообразия.

В основу оценки эколого-фитогеографических проблем Алтайского края положен ландшафтный подход, который включает учет и изучение всех основных существенных факторов, как природного, так и антропогенного характера, определяющих состояние природных комплексов.

В рамках работ по оценке современного состояния растительного покрова были составлены геоинформационные карты, в числе которых ландшафтная карта, карты деградации растительного покрова и угрозы фиторазнообразию. В качестве основных единиц исследования ландшафтной структуры и картографирования принята категория местностей, которые понимаются как группа территориально смежных урочищ или как природный комплекс, территориально устроенный более сложно, чем урочище, но стоящий на таксономическом уровне ниже ландшафта.

Базовой основой для составления карты деградации растительного покрова и карты угрозы фиторазнообразию послужила ландшафтная карта масштаба 1:500 000 (Ландшафтная карта..., 2016). На карте отображены таксоны 216 местностей, более 1 000 контуров. Для представления «восстановленного» естественного состояния растительного покрова территории Алтайского края и анализа его изменений за последние 120 лет была использована «Схематическая карта растительности Алтайского округа с нанесением изотерм, изотер, изохимен и изогийет», составленная И. П. Выдриным, З. И. Ростовским и опубликованная в 1899 г. (Выдрин, Ростовский, 1899). Она была опубликована как приложение к «Материалам по исследованию почв Алтайского округа». Масштаб карты в современных единицах исчисления близок к 1:720 000.

Карта была оцифрована, содержательный контент приведен к масштабу 1:500 000, она послужила для исходной (базовой) геоботанической характеристики территории Алтайского края. В процессе работы в легенду ландшафтной карты и базу данных были внесены изменения в соответствии с представлениями о типах растительности, изложенными в работах П. Н. Крылова и современных геоботаников (Силантьева, 2008). В легенде нашли отражение следующие растительные сообщества: степи с доминированием кипца, степи с доминированием ковыля, березовые и отчасти осиновые рощи и колки; густые березовые и осиновые леса; сосновые боры; редкий смешанный лес (береза, осина, пихта, кедр, ель, лиственница); густой смешанный лес (береза, осина, пихта, кедр, ель, лиственница).

Степень детальности эколого-фитогеографических исследований соответствовала территориальному уровню изучаемых геосистем, а также определялась обеспеченностью информационными материалами. При построении карт учитывались факторы антропогенного воздействия, которые имеют пространственное (площадное) распространение и характерны для края. К таковым были отнесены сельскохозяйственное использование земель (на большей части территории края), а также лесохозяйственное использование. Количественная информация по природопользованию привязана к контурам местностей по основным видам использования: пашня, сенокосы, пастбища, лесопользование. Учитывалось наличие селитебных территорий (сельских населенных пунктов), площадь которых, в основном, не отражается на карте в принятом для исследования масштабе.

При анализе деградации растительности рассматривались следующие факторы: полное сведение естественной растительности при распашке, ее нарушенность при лесопромышленных разработках, пастбищная дигрессия. При оценке обрабатывались данные о площади пашни, пастбищ и лесов для каждой местности.

Все используемые для оценки количественные показатели были внесены в базу данных. Исходная информация о землепользовании включала статистические отчетные материалы по муниципальным образованиям (административным районам) и сельскохозяйственным производственным предприятиям, усредненные или максимальные за 2005–2017 гг. Для удобства вычислений показатели использования земель были представлены в базе данных в процентном выражении от площади местности.

Шкала оценки деградации растительности была разработана с опорой на ранее выполненные для территории Алтайского края эколого-географические исследования и рекомендательно-нормативные ведомственные документы. Шкала имеет четыре степени оценки в соответствии с ведущими критериями: 1) низкая степень: площадь пашни и пастбищ суммарно не превышает 30 % площади местности, рубка леса не производится; 2) средняя степень: площадь пашни и пастбищ суммарно не превышает 50 % площади, дигрессия пастбищ низкой степени, лесные массивы незначительны, в основном непромышленное лесопользование; 3) высокая степень: площадь пашни не превышает 70 % площади местности, дигрессия пастбищ средней степени, наличие рубок леса на значительной площади; 4) очень высокая степень: пашня более 70 % площади местности, дигрессия пастбищ высокой степени и значительные вырубki леса.

Оценка угрозы фиторазнообразию выполнялась количественно-качественным методом на основе анализа хозяйственного использования ландшафтов в три степени проявления (низкая, средняя, высокая) по названным выше критериям. При этом учитывались следующие аспекты. Если более 50 % территории занято пашнями, то оценка угрозы фиторазнообразию не производилась, так как на данной территории практически не осталось естественных фитоценозов. Сенокосы также не учитывались, поскольку они занимают сравнительно небольшие территории и способны к быстрому восстановлению растительности.

Используемая методика и критерии были положены в основу построения геоинформационных карт «Деградация растительного покрова Алтайского края» и «Угроза фиторазнообразию Алтайского края» (Гайда, Ротанова, 2016; Rotanova, Gaida, 2017).

Пространственный анализ показал, что очень высокая степень деградации растительного покрова наблюдается на 51 % территории края; высокая степень деградации – на 25 %; средняя степень – на 10 % и низкая степень – на 13 %.

Анализ ситуации в контексте угроз фиторазнообразию показывает, что наименьшим угрозам подвержены Предсалаирская и Предалтайская физико-географические провинции, а также долины крупных рек (Оби, Алея, Чумыша, Чарыша). Средний и высокий уровень угроз фиторазнообразию наблюдается в долинных комплексах ряда рек в связи с перевыпасом животных. Относительно сохранена естественная растительность в сосновых лесах (средняя степень угрозы фиторазнообразию), однако территории, подвергшиеся пожарам, характеризуются высокой степенью угрозы фиторазнообразию. Высокая степень угрозы фиторазнообразию наблюдается на территории Северо-Западной Алтайской и Северо-Алтайской физико-географических провинций.

В связи с промышленным лесопользованием в пределах Салаирского края угроза фиторазнообразию здесь фрагментарно повышается до высокой степени проявления. Территории Кулундинской, Южно-Приалейской и Верхне-Обской физико-географических провинций в значительной степени распаханы (более 50 % территории), это зоны интенсивного сельского хозяйства, и, соответственно, естественная растительность здесь произрастает лишь на неудобьях.

Деградация растительного покрова сопровождается негативными последствиями, влияющими на биоразнообразие: обеднением видового состава, упрощением структуры, заменой естественных коренных растительных сообществ производными синантропными и культурными, уменьшением генетического разнообразия отдельных видов, раздроблением и изоляцией популяций. В ходе антропогенной трансформации растительного покрова при чрезмерной нагрузке на месте природнозональных растительных сообществ возникают маловидовые и низкопродуктивные «антропогенные пустыри».

Выполненный эколого-фитогеографический геоинформационно-картографический анализ территории Алтайского края позволил получить достоверную информацию и может быть применен в проведении мониторинга биоразнообразия региона, развитии схемы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и разработки системы ООПТ Алтайского края.

Литература

- Выдрин И. П., Ростовский З. И. Материалы по исследованию почв Алтайского округа: с приложением 2-х карт, почвенной и растительно-климатической, диаграмм и роз ветров. Барнаул: Типолитография при Главном управлении Алтайского округа, 1899. 171 с.
- Гайда В. В., Ротанова И. Н. Эколого-фитогеографическое картографирование Алтайского края // Международный год карт в России: объединяя пространство и время: сборник тезисов Всероссийской научной конференции (Москва, Российская государственная библиотека, 25–28 октября 2016 г.). М.: Географический факультет МГУ, 2016. С. 59–61.
- Исаченко А. Г. Введение в экологическую географию. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2003. 192 с.
- Ландшафтная карта Алтайского края. Масштаб 1:500 000. Сост.: Ю. М. Цимбалеи, Ю. И. Винокуров. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2016.
- Силантьева М. М. Флора Алтайского края: анализ и история формирования. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2008. 35 с.
- Rotanova I. N., Gaida V. V. Development of ecological and phytogeographical mapping in the context of the landscape approach (on the example of Altai Krai) // Acta Biologica Sibirica. 2017. V. 3 (3). P. 111–116. DOI: [10.14258/abs.v3i3.3622](https://doi.org/10.14258/abs.v3i3.3622)

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ САПРОФАГОВ
В ЭЛЕМЕНТАХ ЛЕСНОЙ МОЗАИКИ ПИХТО-ЕЛЬНИКОВ
ВИСИМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Гераськина А. П.¹, Ухова Н. Л.², Куприн А. В.³,
Гребенников М. Е.⁴, Ермолов С. А.⁵

¹*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
Москва, Россия*

²*Висимский государственный природный биосферный заповедник,
Кировград, Россия*

³*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия*

⁴*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

⁵*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*

**DISTRIBUTION OF SOIL SAPROPHAGES OF FOREST MOSAIC
IN FIR-SPRUCE FORESTS OF VISIMSKY RESERVE**

Geraskina A. P.¹, Ukhova N. L.², Kuprin A. V.³,
Grebennikov M. E.⁴, Ermolov S. A.⁵

¹*Center for Forest Ecology and Productivity RAS, Moscow, Russia,
ORCID: 0000-0002-8365-5787*

²*Visim State Nature Biosphere Reserve, Kirovgrad, Russia*

³*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia,
ORCID: 0000-0002-4278-2595*

⁴*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

⁵*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

Corresponding e-mail: angersgma@gmail.com

Summary: the research is presented of the distribution of soil saprophages in forest mosaic elements (microsites) in two forest types of the Visimsky Nature Reserve: fir-spruce forest with linden fern-tall grass and fir-spruce forest tall grass-fern. The densities and taxonomic composition of saprophages were studied in the undercrown spaces of the dominant tree species (fir, spruce, linden), in the intercrown spaces, and in the canopy gaps in the spring and summer seasons of 2019. There have been established significant decreasing of density of saprophages in the canopy gaps in comparison with other microsites in the fir-spruce tall grass-fern forest and significant increasing of density of saprophages (especially earthworms) under the crowns of linden in comparison with other microsites in the fir-spruce forest with linden fern-tall grass.

Keywords: type of forest, species richness, invertebrates, trophic groups, saprophages, density, canopy gap, intercrown spaces, undercrown space

Известно, что элементы лесной мозаики (лесные микросайты): кроны разных видов деревьев, межкроновые пространства, окна – прорывы в пологом лесу, валеж, бугры, западины оказывают большое влияние на пространственное распределение растительности: формирование напочвенного покрова, возобновление подроста и др. (Смирнова и др., 2011; Smirnova, Todorova, 2016). Благодаря большому набору микросайтов в старовозрастных лесах возникает мозаика условий (освещенности, влажности, кислотности, распределения элементов минерального питания), которая оказывает влияние и на неравномерность распределения и активность почвенных беспозвоночных. Однако влияние элементов лесной мозаики на распределение почвенной макрофауны исследуется значительно реже, чем растительности и почв. Для оценок продуктивности лесных сообществ, их устойчивости и прогнозов развития, наиболее актуально изучение сапрофагов – важной группы беспозвоночных, обеспечивающих начальные этапы трансформации растительного опада и биотурбацию почв (крупные сапрофаги).

Исследования проведены в двух типах леса Висимского государственного заповедника: пихто-ельнике с липой папоротниково-высокотравном и пихто-ельнике высокотравно-папоротниковом, в весенний и летний сезоны 2019 года. Количественные учеты почвенных сапрофагов проведены путем раскопки и ручного разбора почвенных проб: в подкроновых пространствах доминирующих видов деревьев (пихта, ель, липа), в межкроновых пространствах и в окнах (размер окна 20 × 20 метров). В каждом микросайте одного типа леса взяты по 3 почвенные пробы размером 20 × 20 см, глубиной до 30 см. В пихто-ельнике высокотравно-папоротниковом взяты по 12 почвенных проб в весенний и летний сезоны (всего 24), в пихто-ельнике с липой высокотравном взяты по 15 почвенных проб в весенний и летний сезоны (всего 30).

Из группы макросапрофагов в двух типах леса многочисленны дождевые черви, моллюски, личинки двукрылых, крупные энхитреиды, кроме того, в пихто-ельнике с липой обитают двупарноногие многоножки. Установлено, что суммарная численность почвенных сапрофагов между двумя типами леса различается почти в 2 раза: в весенний сезон в пихто-ельнике высокотравно-папоротниковом численность составила более 200 особей/м²; в пихто-ельнике с липой высокотравном – около 400 особей/м²; в летний сезон – 183 и 257 особей/м² соответственно. В пихто-ельнике высокотравно-папоротниковом суммарные значения плотности сапрофагов между подкроновыми пространствами ели и пихты и межкроновыми пространствами значимо не различаются. Только в окнах, как в весенних, так и в летних учетах, плотность сапрофагов значимо ниже, чем в других микросайтах, что, вероятно, связано с более быстрым высыханием почв окон в сравнении с подкроновыми и межкроновыми участками (Koosh, Haghverdi, 2014). В пихто-ельнике с липой значимо выше суммарная плотность сапрофагов в подкроновых пространствах липы как в весенний, так и в летний сезон; в сравнении с межкроновыми пространствами значимо выше плотность сапрофагов в подкроновых пространствах пихты и ели; в окнах в весенний сезон плотность сапрофагов значимо выше, чем в межкроновых и подкроновых пространствах, однако в летний сезон плотность существенно падает и становится значимо ниже в сравнении с другими микросайтами, что также, вероятно, связано с более быстрым высыханием подстилки и почвы открытых пространств окон в сравнении с другими микросайтами под пологом деревьев.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-04-00609).

Литература

- Смирнова О. В., Алейников А. А., Семиколенных А. А., Бовкунов А. Д., Запрудина М. В., Смирнов Н. С. Пространственная неоднородность почвенно-растительного покрова темнохвойных лесов в Печоро-Илычском заповеднике // Лесоведение. 2011. № 6. С. 67–78.
- Kooch Y., Haghverdi K. Earthworms-good indicators for forest disturbance // Journal of Bio Science & Biotechnology. 2014. V. 3. № 2. P. 155–162.
- Smirnova O. V., Toropova N. A. Potential ecosystem cover – a new approach to conservation biology // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. V. 1. № 1. P. 1–20. DOI: [10.21685/2500-0578-2016-1-1](https://doi.org/10.21685/2500-0578-2016-1-1)

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ О РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ ВИДАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Глазунов В. А.

*Институт проблем освоения Севера, Тюменский научный центр СО РАН,
Тюмень, Россия*

CONCEPT OF CREATING A DATABASE ON RARE AND PROTECTED SPECIES OF WESTERN SIBERIA

Glazunov V. A.

*Institute of the problems of Northern development,
Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia,
ORCID: [0000-0003-0344-024X](https://orcid.org/0000-0003-0344-024X)*

Corresponding e-mail: v_gl@inbox.ru

Summary: issues of the need to create, on the basis of accumulated information, a database of rare and protected species of Western Siberia are considered. The database is common for several regions and allows you to quickly replenish and receive data on the distribution of species. To display and analyze information, it is assumed to use the method of grid mapping.

Keywords: database, rare species, protected species, Western Siberia

Как правило, первоочередное внимание при планировании и реализации природоохранных мероприятий направлено на сохранение редких и исчезающих видов. С данной целью разработаны международные принципы выделения охраняемых видов и системы категорий редкости, к настоящему времени успешно реализованные при подготовке перечней редких видов и Красных книг различного уровня.

На территории Западной Сибири региональные Красные книги подготовлены и изданы во всех субъектах Федерации, в большинстве – по два издания. Со времени выхода Красных книг до очередного издания новые данные о распространении охраняемых видов постоянно накапливаются и нуждаются в систематизации. Большая часть территории Тюменской области, включая Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) и Ханты-Мансийский автономный округ – Югру (ХМАО), является районом интенсивной нефтегазодобычи – в последние десятилетия активно разрабатываются нефтяные месторождения на юге Тюменской области, введено в эксплуатацию несколько крупных газовых и газоконденсатных месторождений на севере ЯНАО, реализуются проекты по добыче и сжижению природного газа на полуострове Ямал. При этом многие районы остаются слабо изученными в отношении биологического разнообразия и их промышленное освоение, как правило, опережает проведение научных исследований.

Красные книги выполняют контрольную функцию, с определенной периодичностью подводя итог многолетнего мониторинга охраняемых видов. Вместе с тем научным сотрудникам, недропользователям и органам исполнительной власти, отвечающим за вопросы сохранения биоразнообразия, необходим инструмент, позволяющий систематизировать,

оперативно фиксировать и получать информацию о находках охраняемых видов и их состоянии. В Красных книгах распространение для большинства видов указывается схематично, без точной географической привязки, что не позволяет с уверенностью говорить об их наличии или отсутствии на той или иной конкретной территории. Основой для ведения региональных Красных книг может стать электронная база данных о редких видах, где, помимо сведений об экологии, биологии и численности, указывается точная географическая привязка местонахождений.

Министерством природных ресурсов РФ разработана база данных по видам, занесенным в федеральную Красную книгу, где, среди прочего, указывается и распределение вида по субъектам РФ. Тем не менее до настоящего времени отсутствует единая утвержденная методика сбора, анализа и хранения данных по объектам, занесенным в Красные книги. Базы данных о редких и охраняемых видах, в том или ином формате, существуют во многих российских регионах. В качестве успешного примера реализации проекта по созданию региональной базы данных видов, занесенных в Красную книгу, с использованием ГИС-технологий, можно назвать информационную систему по объектам животного и растительного мира ХМАО (<http://system.ugrabis.ru/>), где реализована возможность удаленного определения наличия видов, подлежащих охране на той или иной территории. Помимо отображения конкретных точек встреч видов, система позволяет создавать контурные ареалы из квадратных фрагментов, на которые разбита территория региона.

Для систематизации сведений о видах, занесенных в Красную книгу Тверской области, разработана ГИС с использованием точечного и сеточного картографирования (Сорокин и др., 2006). Метод сеточного картографирования (или квадратных сеток) получил широкую известность благодаря долгосрочному проекту по инвентаризации флоры Европы и созданию ее Атласа (<https://www.luomus.fi/en/database-atlas-florae-europaeae>). К настоящему времени возможности данного метода неоднократно продемонстрированы при региональных флористических исследованиях (Серегин, 2014; Чепинога, Петухин, 2017; Королева и др., 2018). С той или иной степенью детализации метод сеточного картографирования реализован в ряде региональных Красных книг: Республики Коми (2009), Республики Крым (2015), Краснодарского края (2017).

На наш взгляд, в таком обширном регионе, как Западная Сибирь, назрела необходимость создания универсальной базы данных, позволяющей обобщить накопленные сведения о распространении редких и подлежащих охране видов растений вне административных границ, наглядно демонстрировать и проводить анализ степени изученности территории, динамики ареалов и численности отдельных видов, оценивать эффективность принимаемых мер охраны. Реализацию данного проекта предполагается начать с Тюменской области, включая автономные округа. С учетом большого объема материала, работу предполагается разбить на этапы по зональному принципу и, в первую очередь, обработать данные о видах лесной зоны (тайги), охватывающей границы всех трех субъектов, с дальнейшим расширением перечня видов и охвата территории.

Помимо отображения местонахождений видов на точечной карте, для решения задач по анализу характера распространения, мониторинга их состояния и определения природоохранной ценности той или иной территории предлагается использование сеточного картографирования. Учитывая площадь охвата и значительную протяженность территории как в широтном, так и в долготном направлении, оптимальный размер квадрата для сеточной основы предварительно составляет 50 × 50 км.

Атрибутивная часть по каждому виду должна содержать следующую информацию:

- систематическое положение вида по современным источникам (<http://www.theplantlist.org/>) и перечень синонимов (поскольку в Красных книгах названия даются по разным источникам);
- категорию редкости (по классификации Международного союза охраны природы);
- общий ареал, распространение по территории отдельных регионов (административные районы и список местонахождений);
- экологию (тип растительного сообщества, характер почвенного покрова, степень антропогенного воздействия);
- биологию (фаза жизненного цикла, состояние);
- сведения о численности популяций, данные о ее динамике и изменении характера ареала (для наглядного отображения трендов предлагается создание слоя с использованием цветовой шкалы для заливки квадратов сетки);
- цифровые фотографии, сканированные гербарные образцы.

Предусматривается составление запросов, как по отдельным параметрам, так и по их комбинациям.

Информация о текущем состоянии популяций в подобной базе данных представлена более детально и информативно, чем в Красных книгах, и может являться основой для долговременного мониторинга редких и охраняемых видов. На основе анализа представленных данных возможно моделирование потенциального ареала охраняемых видов, выявление участков, представляющих высокую ценность для сохранения видового разнообразия, а также оценка эффективности реализуемых природоохранных мероприятий. Сведения о наличии на территории охраняемых видов являются обязательной частью инженерно-экологических изысканий при освоении месторождений Западной Сибири, в первую очередь углеводородного сырья, строительстве транспортных и иных коммуникаций. База данных может быть использована и как научная основа при развитии системы особо охраняемых природных территорий.

Благодарности

Исследования флористического разнообразия в 2017–2020 гг. выполняются по государственному заданию – проекту № АААА-А17-117050400146-5 «Оценка пространственно-временной изменчивости биоразнообразия и условий его формирования на Севере Западной Сибири в связи с изменением климата и освоением нефтегазовых ресурсов». Работы по ведению Красной книги ХМАО выполняются по заказу и при финансировании регионального департамента недропользования и природных ресурсов.

Литература

- Королева Е. Г., Казанджян И. М., Аристархова Е. А., Каширина Е. С. Изучение ботанического разнообразия методом квадратных сеток (на примере региональных исследований) // Ботаника в современном мире: труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире» (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Т. 1: Систематика высших растений. Флористика и география растений. Охрана растительного мира. Палеоботаника. Ботаническое образование. Махачкала: АЛЕФ, 2018. С. 140–143.
- Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы. Отв. ред. С. А. Литвинская. 3-е изд. Краснодар: Администрация Краснодарского края, 2017. 850 с.
- Красная книга Республики Коми. Под ред. А. И. Таскаева. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. 791 с.

- Красная книга Республики Крым: Растения, водоросли и грибы. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. 481 с.
- Серегин А. П. Флора Владимирской области: анализ данных сеточного картографирования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 441 с.
- Сорокин А. С., Тюсов А. В., Журавлева И. В. Возможности систематизации и анализа сведений региональных Красных книг с помощью ГИС-технологий (на примере Тверской области) // Проблемы Красных книг регионов России: материалы Межрегиональной научно-практической конференции (Пермь, 30 ноября – 1 декабря 2006 г.). Пермь: Пермский университет, 2006. С. 70–74.
- Чепинога В. В., Петухин В. А. «Флора Центральной Сибири» (1979) – первый в России опыт массового картирования видов на сеточной основе // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: материалы VI Международной науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения А. В. Положий (Томск, 24–26 октября 2017 г.). Томск: Изд. дом Томского гос. ун-та, 2017. С. 115–117.

**МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ДРЕВЕСНОЙ
И КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УРАЛЬСКИХ ГОР
С ПОМОЩЬЮ ВЕБ-СЕРВИСА ЛАНДШАФТНЫХ ФОТОСНИМКОВ**

Григорьев А. А.¹, Шиятов С. Г.¹, Шалаумова Ю. В.²,
Моисеев П. А.¹, Харлов П. А.¹, Мазепа В. С.¹

¹*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

²*Институт промышленной экологии УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

**MONITORING THE DYNAMICS OF WOOD
AND SHRUB VEGETATION OF THE URAL MOUNTAINS
BY USING THE WEB SERVICE OF LANDSCAPE PHOTOGRAPHS**

Grigoriev A. A.¹, Shiatov S. G.¹, Shalaumova Y. V.²,
Moiseev P. A.¹, Harlov P. A.¹, Mazepa V. S.¹

¹*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

²*Institute of Industrial Ecology, Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: grigoriev.a.a@ipae.uran.ru

Summary: we have presented a test version of the web service of repeat landscape photos *Landphist* and a system for the photomonitoring of wood and shrub vegetation of the Ural Mountains. The service contains a series of repeated photos for historical photos, including those made by P. L. Gorchakovsky.

Keywords: web service, database, photomonitoring, tree and shrub vegetation, *Landphist*, Ural Mountains, civil science

Общеизвестно, что каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли по сравнению с любым предыдущим десятилетием, начиная с 1850 г. (Изменение климата..., 2013). В настоящее время разработано и апробировано большое количество методов для оценки трансформации лесных экосистем под влиянием современных изменений климата (сравнение разновременных аэро- и спутниковых изображений, методы высотных и широтных профилей, повторное описание растительности, картографические методы, сравнение материалов лесоустройства и др.). Среди такого рода методов наиболее информативным средством документирования пространственно-временных изменений древесной и кустарниковой растительности является сравнение ландшафтных фотоснимков, сделанных с одних и тех же точек в разное время (Шиятов, 2009). В высокогорных районах использование этого метода значительно облегчается, так как можно сравнительно легко определить точку съемки благодаря многоплановости снимков и хорошо заметным ориентирам (Горчаковский, Шиятов, 1985).

В нашей стране методика сравнения разновременных ландшафтных фотоснимков впервые была применена в 1976 г. на Южном Урале, на массиве Иремель (Шиятов, 1982). Сопоставление современной лесной растительности на верхнем пределе ее произрастания с растительностью, изображенной на видовых снимках (15 шт.), сделанных Л. Н. Тюлиной в 1927–1939 гг., показало, что на отдельных участках склонов верхняя граница мелколесий продвинулась выше в горы до 40–60 м по вертикали и до 500–600 м по склону. Опыт использования данного метода показал его эффективность, доступность и возможность широкого применения в будущем.

К настоящему времени нами сделано более 2 000 пар разновременных ландшафтных снимков на всем протяжении Уральских гор. Анализ разновременных снимков свидетельствует о том, что на Южном, Северном, Приполярном и Полярном Урале происходит повсеместное продвижение древесной и кустарниковой растительности выше в горы. Наиболее катастрофические процессы наблюдаются в горах Южного Урала, где за последние 50–70 лет в результате наступления леса произошло исчезновение участков, занятых горно-тундровыми сообществами: в южной части Южного Урала на вершинах, высота которых не превышает 1 200 м н. у. м., а в северной части – на вершинах до 1 050 м.

Нами была поставлена задача создания общедоступной современной интернет-ориентированной информационной системы исторических и современных ландшафтных фотоснимков, что обеспечит их долговременное хранение, быстроту доступа, широкое использование и возможность проведения фотомониторинга древесной и кустарниковой растительности, произрастающей в высокогорьях, в будущем. Веб-сервис «Лэндфист» станет важнейшим элементом дендрэкологического мониторинга высокогорной растительности Уральской горной страны, актуальность которого обусловлена изменением условий среды, в частности климатических условий и антропогенных воздействий.

Предполагается наполнение базы данных не только разновременными снимками, сделанными с одной точки, но и историческими снимками, повторное фотографирование с которых пока не производилось, а также слоями с изображением границ распространения сомкнутых лесов в различные временные периоды по данным исторических и современных топографических карт, спутниковых изображений и материалов лесоустройства. Перед разрабатываемой информационной системой стоит задача создания «обратной связи» между авторами проекта и широким кругом лиц, особенно туристами, с последующим предоставлением им возможности самостоятельного осуществления повторной съемки и наполнения базы данных полученными снимками. В будущем созданная информационная система станет основой наглядного представления ряда динамических процессов (динамика верхней границы леса, послепожарные сукцессии, возобновление на антропогенно-нарушенных местообитаниях после снижения выбросов и т.д.), происходящих в наземных экосистемах Урала и сопредельных территорий.

В докладе будет представлена тестовая версия веб-сервиса «Лэндфист», использующая в качестве картографической основы программу SAS.Планета, а также приведены повторные ландшафтные фотоснимки с мест прежних фотосъемок известных ученых, в том числе П. Л. Горчаковского.

По объему накопленных данных, характеризующих разные аспекты взаимодействия климата, ландшафта, растительности и антропогенных факторов, их пространственному и временному охвату, уровню обработки и анализа данных, а также техническому уровню разработки интернет-ориентированной информационной системы, аналоги подобных сервисов авторам не известны.

Благодарности

Работа осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (Грант № 19-05-00756).

Литература

- Горчаковский П. Л., Шиятов С. Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 208 с.
- Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа: вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата: резюме для политиков. Под ред. Т. Ф. Стокера и др. Швейцария: МГЭИК, 2013. 34 с.
- Шиятов С. Г. Анализ смен лесной растительности на массиве Ирмель (Южный Урал) при помощи использования старых фотоснимков // Изучение и освоение флоры и растительности высокогорий (закономерности распределения, классификация, структура, продуктивность): материалы конференции. Свердловск, 1982. С. 102.
- Шиятов С. Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 2019 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ VORG

Григорьевская А. Я., Владимиров Д. Р., Субботин А. С., Мирошникова А. А.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

DEVELOPMENT POTENTIAL OF THE LOCAL ELECTRONIC DATABASE VORG

Grigorevskaya A. Ya., Vladimirov D. R., Subbotin A. S., Miroshnikova A. A.

Voronezh State University, Voronezh, Russia

Corresponding e-mail: grigaya@mail.ru

Summary: the article considers current status of The Herbarium of Vascular Plants VORG (The Department of Geography, Geo-Ecology and Tourism, Voronezh State University) and perspective for the development of its local database. Authors focus on transformation of the database into a web-portal.

Keywords: Herbarium VORG, local database, herbarium samples, plant species

Гербарная коллекция факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета начала формироваться в 1987 г. В 2004 г. она была зарегистрирована в международной базе данных «Index Herbariorum» с присвоением акронима VORG. В настоящее время коллекция VORG насчитывает свыше 22 000 образцов сосудистых растений, относящихся к 5 отделам, 145 семействам, 650 родам, 1 712 видам, из которых свыше 200 являются редкими и включены в Красные книги России и Воронежской области. Основу гербария составляют образцы, собранные в областях Центрально-Черноземного экономического района в количестве 18 792 гербарных листов. В его пределах наибольшее число образцов (14 604) собрано в Воронежской области (Григорьевская и др., 2020), для которой более $\frac{3}{4}$ региональной флоры отражено в VORG. В научных целях на базе материалов гербария защищена одна докторская, шесть кандидатских диссертаций, 159 дипломных работ и 8 диссертаций магистров. Издано 30 монографий, 417 научных работ. Гербарная коллекция является важнейшей основой выполнения научных разработок и грантовых проектов (Григорьевская, 1996).

В 2007 году была создана электронная база данных (БД) гербария в реляционной системе управления базами данных Microsoft Office Access. Она продолжает развиваться и регулярно расширяется за счет внесения сведений о новых находках. На начало 2020 года в ней числились метаданные свыше 20 000 гербарных этикеток с информацией по 9 параметрам, включающей:

- 1) название семейства на латинском и русском языках;
- 2) название рода и вида растения на латинском и русском языках;
- 3) название области;
- 4) название административного района;
- 5) местонахождение вида;
- 6) местообитание вида;
- 7) ФИО коллектора;
- 8) ФИО специалиста, определившего вид;

9) дату сбора.

В последние годы локальные базы данных, содержащие текстовую информацию, сталкиваются с необходимостью повышения доступности посредством цифровизации. БД гербария VORG не является исключением. Особенно важным это представляется в контексте Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (Указ..., 2018), где одной из целей обозначено обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере.

В связи с вышесказанным, в среднесрочной перспективе планируется преобразовать локальную БД в современный веб-портал с интерфейсом, отображающим текстовую информацию БД, с включением в нее гербарных образцов, переведенных в цифровой формат, и их географическую привязку с возможным добавлением картографической визуализации. Кроме того, могут быть добавлены изображения растений и их сообществ, сфотографированных в ходе экспедиций. Создание веб-портала сделает гербарий VORG более доступным для заинтересованных специалистов не только в России, но и за рубежом.

Особую практическую значимость портал обретает в условиях реализации федерального проекта «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма» национального проекта «Экология». В этом случае его данные, наряду с данными других всероссийских международных БД, будут полезны для оценки биологического разнообразия региона, на основании чего возможно создание новых ООПТ, в том числе и в форме национальных парков.

Литература

- Григорьевская А. Я. О флоре Центрально-Чернозёмного района // Природа Липецкой области и ее охрана. Липецк, 1996. Вып. 8. С. 86–89.
- Григорьевская А. Я., Федотов В. И., Владимиров Д. Р., Субботин А. С., Мирошникова А. А. Гербарий сосудистых растений факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского университета (VORG) // Ботанический журнал. 2020. Т. 105. № 2. С. 92–97.
- Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // СПС «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/71937200/> (дата обращения: 12.02.2020).
- Национальный проект «Экология»: утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16).

ПУБЛИКАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ «СОСУДИСТЫЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ СРЕДНЕГО УРАЛА» В СИСТЕМЕ GBIF

Груданов Н. Ю.^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

²Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

PUBLICATION OF DATABASE «AQUATIC VASCULAR PLANTS OF THE MIDDLE URALS (SVERDLOVSK REGION, RUSSIAN FEDERATION)» IN THE GBIF SYSTEM

Grudanov N. Yu.^{1,2}

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0002-0498-2975](https://orcid.org/0000-0002-0498-2975)

Corresponding e-mail: nickolai.grudanoff@yandex.ru

Summary: the article describes the structure of the information system about the findings of aquatic vascular plants in the Middle Urals. The database contains 940 observations of vascular water plants of the natural park «Chusovaya River», the cooling pond of the Verkhniy Tagil Power Station, the brackish lakes Chervyanoye and Sungul (Kamensky District). Species findings are described in the table using the Darwin Core data standard. The database is accompanied by information on the natural conditions of the Middle Urals and the methodology of the work performed. New data on vascular water plants of various regions of the Middle Urals will be annually entered into the table.

Keywords: Aquatic vascular plants, database, Middle Ural

В статье дается описание структуры информационной системы о находках сосудистых водных растений Среднего Урала, созданной в соответствии со стандартами Глобальной информационной системы о биоразнообразии GBIF.

Водные растения являются труднодоступным, а потому часто малоизученным компонентом флор. Территория Среднего Урала является своеобразным «белым пятном» на карте изученности водных флор России. В то время как в европейской части страны в этом направлении работают целые институты гидробиологической направленности, такие как Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина в поселке Борок Ярославской области, и сотрудники крупных научных коллективов Ботанического института им. В. Л. Комарова в Санкт-Петербурге, Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, имеющие возможность детально изучить гидрофильный компонент восточноевропейских флор, Урал, находящийся на стыке Европы и Азии, оказывается недостаточно освоен учеными-ботаниками в части высших водных растений.

Для обобщения имеющейся к настоящему времени информации, авторами была создана база данных (БД) по видовому составу и распространению водных сосудистых растений Среднего Урала (Tretyakova et al., 2019). В нее включены материалы по водным растениям природного парка «Река Чусовая», водоема-охладителя Верхнетагильской ГРЭС, солоноватых

озер Червяное и Сунгуль (Каменский район) и некоторых других мест. Всего в базе содержится 940 наблюдений сосудистых водных растений из групп Magnoliopsida, Liliopsida и Polypodiopsida. База включает материалы гербариев ИЭРиЖ (SVER), УрФУ (UFU), ИБВВ (IBIW). Она охватывает временной период с 1877-го по 2018 год, начиная со сборов членов Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ) и заканчивая наблюдениями авторов БД. Информация представлена в виде таблицы на сайте GBIF.org в формате CSV-файла. Всего за год после размещения БД в свободном доступе было осуществлено более 2 000 скачиваний и одно цитирование.

Находки видов, соответствующих критериям «сосудистые водные растения», описываются в таблице с использованием стандарта данных Darwin Core, DwC (Wieczorek et al., 2012). Термины Darwin Core – это слова или пишущиеся слитно словосочетания на английском языке, с четко фиксированными значениями. В разработанной БД авторами было использовано 20 терминов DwC.

Первая часть терминов представляет формализованную информацию о находках: «идентификатор коллекции» (collectionID) – в данном случае это акроним гербария в системе Index Herbariorum; «идентификатор наблюдения» (occurrenceID) – индивидуальный номер образца в коллекции («инвентарный номер»); «другие номера в каталогах» (otherCatalogNumbers); код института (institutionCode) – название или акроним хранящего объект учреждения; «основание наблюдения» (basisOfRecord) – наблюдение может быть представлено материальным образцом или письменными сведениями; «язык» (language) – язык оригинала наблюдения (используются сокращения типа «ru»).

Вторая часть терминов отображает таксономическую принадлежность наблюдаемых объектов: «царство» (kingdom); ранг таксона (taxonRank) – обычно это вид; «научное название» (scientificName).

Третья часть относится к географической привязке наблюдения: «страна» (country); «код страны» (countryCode) – в нашем случае это «RU»; «регион» (stateProvince) – у нас: Свердловская область; «административный район» (municipality); «местонахождение» (locality); «широта» (decimalLatitude) – указывается в виде десятичной дроби градуса; «долгота» (decimalLongitude) – в том же формате; «система географических координат» (geodeticDatum) – используется наиболее употребляемая в современных ГИС-технологиях система WGS84. Также используются термины времени: «год» (year) и «дата события» (eventDate) – точная дата наблюдения записывается в виде «ГГГГ-ММ-ДД»; «записано» (recordedBy) – указывается коллектор (наблюдатель).

База данных сопровождается информацией о природных условиях Среднего Урала и методике выполнения работы. В связи с продолжающимися исследованиями флоры в таблицу ежегодно будут вноситься новые данные о сосудистых водных растениях различных районов Среднего Урала. Опубликованные данные доступны для загрузки всем зарегистрированным пользователям портала GBIF.org и распространяются по открытой лицензии CC-BY (Creative Commons Attribution 4.0). Цитирование осуществляется в соответствии с правилами глобального портала.

Созданная база дает возможность визуализировать распространение видов сосудистых водных растений, строить модели их ареалов, отслеживать динамику и т.д.

Можно заключить, что применение стандартов и методов публикации, используемых в GBIF, позволяет объединить разрозненные данные о находках сосудистых водных растений на территории Среднего Урала, при этом полностью сохраняя авторство исходных данных, информацию об их источниках и правообладателях, а также в явном виде описать правила

использования и цитирования данных, на что указывают и другие исследователи (Иванова, Шашков, 2017). Такой формат представления данных через международный портал повышает их доступность и для российских, и для зарубежных исследователей.

Благодарности

Авторы выражают благодарность заведующему Музеем природы Института экологии растений и животных Николаю Геннадьевичу Ерохину за предоставление информации по образцам водных растений из гербария SVER и сотруднице Лаборатории вычислительной экологии Института математических проблем биологии РАН Наталье Владимировне Ивановой за помощь в размещении материалов.

Литература

- Иванова Н. В., Шашков М. П. Информационная система о распространении охраняемого лишайника *Lobaria pulmonaria* на основе стандартов GBIF // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях: тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Апатиты, 2017. С. 48–50.
- Tretyakova A., Grudanov N., Kondratkov P., Knyazev M. Aquatic vascular plants of the Middle Urals (Sverdlovsk region, Russian Federation). Occurrence dataset. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin», 2019. DOI: [10.15468/xxuhdl](https://doi.org/10.15468/xxuhdl) (accessed via GBIF.org on 2020-01-21).
- Wieczorek J., Bloom D., Guralnick R., Blum S., Dorring M., Gilovanni R., Robertson T., Vieglais D. Darwin Core: An Evolving Community Developed Biodiversity Data Standard // PLoS ONE. 2012. V. 7. № 1. P. 1–8. DOI: [10.1371/journal.pone.0029715](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715)

**ФОНДЫ ГЕРБАРИЯ ИМ. П. Н. КРЫЛОВА (ТК)
И НЕОБХОДИМОСТЬ ИХ ОЦИФРОВКИ**

Гуреева И. И.

Томский государственный университет, Томск, Россия

**FUNDS OF P. N. KRYLOV HERBARIUM (TK)
AND NECESSITY FOR THEIR DIGITALIZATION**

Gureyeva I. I.

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia,
ORCID: [0000-0002-5397-6133](https://orcid.org/0000-0002-5397-6133)*

Corresponding e-mail: gureyeva@yandex.ru

Summary: the fund of P. N. Krylov Herbarium of Tomsk State University contains currently about 500 thousand specimens, including about 200 thousand specimens of Siberian flora, and more than 3 thousand of type specimens. The nearest aim of herbarium work is the digitalization of specimens and create a database of herbarium collections of Siberian flora and type collection.

Keywords: herbarium fund, herbarium specimens, type specimens, digitalization

Гербарий Томского университета основан в 1885 г. приглашенным из Казани ботаником П. Н. Крыловым. В отличие от большинства университетских гербариев, возникших на основе учебных коллекций, в Томском университете Гербарий был образован как научная база для изучения растительного покрова Сибири. В 1933 г. Гербарию было присвоено имя его основателя – профессора П. Н. Крылова. Гербарий зарегистрирован в Международной базе «Index Herbariorum» (<http://sweetgum.nybg.org/ih/>) с международным акронимом ТК.

Современный коллекционный фонд Гербария Томского государственного университета (ТГУ) составляет более 500 тыс. образцов. По величине фонда он входит в число крупнейших гербариев России и занимает 3-е место среди университетских гербариев. Основной фонд подразделен на отделы: Западной Сибири, Приенисейской Сибири, Восточной Сибири, Тувы и Монголии, Средней Азии, общий, дублетный и отдел типовых образцов. Имеются специализированные коллекции арктической, тропической флоры, мохообразных, лишайников, учебный гербарий и тематические коллекции. Гербарный фонд формировался из сборов, планомерно осуществлявшихся в разных районах Сибири, образцов, полученных путем дарения и гербарного обмена, и сборов, сделанных при выполнении научных работ по грантам различных фондов (Сергиевская, 1961; Положий, 1986; Гуреева, 2008, 2013).

Значение Гербария как хранилища информации о флоре той или иной территории определяется объемом коллекции, представленностью семейств, родов и видов растений наличием типовых образцов. Каждый гербарий с момента своего возникновения имеет определенную специализацию, поэтому в каждом гербарии имеются приоритетные направления, по которым собираются коллекции. Гербарий Томского университета (ТК) был создан с целью изучения растительного покрова Сибири, поэтому в нем особенно подробно представлена коллекция по флоре этой обширной территории, которая в целом составляет около

200 тыс. гербарных листов и входит в 4 отдела – Западной, Приенисейской и Восточной Сибири и частично – в отдел Тувы и Монголии.

Отдел флоры Западной Сибири (около 77 тыс. листов) – самый первый отдел Гербария, организованный в 1885 г. как «гербарий флоры Алтая и Томской губернии» и начинавшийся со сборов П. Н. Крылова на этих территориях. В отделе представлены сосудистые растения со всей территории Западной Сибири, из смежных районов Урала и Северного Казахстана.

Отдел Приенисейской Сибири (около 50 тыс. листов) начал комплектоваться с конца XIX в. из сборов П. Н. Крылова на Мирском и Араданском хребтах (1892 г.). В период работы Переселенческого управления (1912–1914 гг.) и далее в советский период коллекции этого отдела увеличились многократно. В нем представлены виды с обширной территории от полуострова Таймыр до высокогорий Саян, в основном в пределах административных границ Красноярского края и Республики Хакасия.

Отдел Восточной Сибири (около 49 тыс. листов) начал наполняться с 1930 г., с первой экспедиции П. Н. Крылова и Л. П. Сергиевской в Забайкалье, и особенно увеличился в результате последующих 30 экспедиций Л. П. Сергиевской (с 1934-го по 1968 г.), маршруты которых охватили Забайкалье в пределах Читинской области и Бурятской АССР, включая труднодоступные северные и горные районы этого региона. В отделе представлены сборы из Предбайкалья, Забайкалья, Якутии.

Отдел Тувы и Монголии (около 20 тыс. листов) был намечен в конце XIX – начале XX в. с первых экспедиций П. Н. Крылова (1892 г.) и Б. К. Шишкина (1908 г.) в Урянхайскую Землю (теперь – Республика Тыва). В нем хранятся ценнейшие сборы из многочисленных экспедиций в Туву и путешествий в Монголию.

Несмотря на то, что основной специализацией Гербария им. П. Н. Крылова является флора Сибири, в нем хранятся значительные коллекции флоры Средней Азии. Отдел Средней Азии был образован П. Н. Крыловым в самом начале существования Гербария как «гербарий Семипалатинска и Семиречья», затем – «гербарий Туркестана», окончательно коллекция была оформлена Л. П. Сергиевской в конце 30-х годов. В советское время коллекция пополнялась в порядке обмена с гербариями Киргизии и Узбекистана и за счет сборов студентов, участвовавших в экспедициях в Среднюю Азию.

Коллекция общего отдела, включающая гербарные образцы, собранные вне Сибири (европейская часть России, Крым, Кавказ, Дальний Восток России, страны Западной Европы, Северная Америка, Бразилия, Япония, Китай и др.) формировалась, главным образом, путем гербарного обмена с крупнейшими гербариями СССР и мира. Коллекция начала создаваться П. Н. Крыловым в первые годы существования Гербария, в ее основу положены сборы самого П. Н. Крылова, привезенные им из Казани. Большую долю в обменном гербарии составляли эксикаты «Herbarium Florae Rossicae», издававшиеся Ботаническим музеем (до 1931 г.) и «Herbarium Florae USSR», издававшиеся Гербарием Ботанического сада (до 1931 г.), затем – Гербарием Ботанического института (Ленинград). С зарубежными гербариями обмен прекращен из-за таможенных трудностей.

Важным показателем, характеризующим фонды и ценность Гербария, является число типовых образцов, которые послужили основанием для описания новых видов, подвидов, разновидностей. Актуальность и первоочередная необходимость работ по выявлению аутентичных образцов и определению их категории в Гербарии Томского государственного университета диктуется большим числом видов и внутривидовых таксонов, которые были описаны по материалам Гербария учеными, работавшими в Томском университете. С момента основания Гербария П. Н. Крылов начал планомерное изучение сибирской флоры и сбор

гербарных коллекций на территории Алтая и Томской губернии. В конце XIX – начале XX в. коллекции Гербария значительно пополнились сборами В. В. Сапожникова с Алтая, Джунгарского Алатау, Тянь-Шаня. С начала XX в. в сборе коллекций стали принимать участие ученики П. Н. Крылова и В. В. Сапожникова – Б. К. Шишкин, В. В. Ревердатто, Г. П. Сумневич, Л. П. Сергиевская. Обработка этих коллекций для «Флоры Алтая и Томской губернии» (1901–1914), затем – для «Флоры Западной Сибири» (1927–1962) привела к описанию многих новых для науки видов, подвидов, разновидностей и форм с этой территории. По сборам из Приенисейской Сибири (в основном степные районы Хакасии) новые таксоны описывали В. В. Ревердатто, К. А. Соболевская и А. В. Положий, по сборам из Забайкалья – Л. П. Сергиевская. В настоящее время коллекция пополняется типовыми образцами таксонов, описываемых систематиками и флористами, работающими в ТГУ и других университетах и научных учреждениях. Важным источником типовых образцов являются экзикаты «Herbarium Florae Rossicae», «Herbarium Florae USSR», «Herbarium Florae Asia Media», «Джунгарские растения» Г. С. Карелина и И. П. Кирилова.

Работа по выявлению типовых образцов в Гербарии ТГУ и типификации названий таксонов начата в 80-х годах XX в. под руководством и при непосредственном участии А. В. Положий. По итогам этой работы в 1989 г. издан первый каталог «Типы таксонов в Гербарии им. П. Н. Крылова», который содержит информацию о типовых образцах 244 таксонов (Положий, Балашова, 1989). С начала XXI в. работа по выявлению типов активизировалась, ревизию на содержание типовых образцов прошли все сосудистые споровые, голосеменные и ряд крупных семейств цветковых растений – *Ariaceae*, *Boraginaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Liliaceae* s. l., *Roaceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Scrophulariaceae* и др. Всего к настоящему времени ревизию прошли 4 семейства; 197 родов в их составе представлены 2 188 типовыми образцами, относящимися к 935 таксонам (виды, подвиды, разновидности, формы) (Гуреева, 2018). Предполагается, что коллекция типовых образцов будет насчитывать свыше 3 тыс. образцов. По числу образцов это третья в России коллекция, имеющая огромную ценность.

Необходимой составляющей современной гербарной работы является оцифровка гербарных образцов и создание баз данных гербарных коллекций. Гербарий им. П. Н. Крылова своей первоочередной задачей на ближайшие годы ставит оцифровку наиболее ценной типовой коллекции и коллекции флоры Сибири (отделы Западной, Приенисейской и Восточной Сибири), что будет иметь большое значение при подготовке «Флоры России». К настоящему времени оцифровано около 600 типовых образцов.

Благодарности

Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Томской области (проект № 18-44-700008 p_a).

Литература

- Гуреева И. И. Гербарное дело: Руководство по организации Гербария и работе с гербарными коллекциями. 2-е изд., испр. и доп. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. 194 с.
- Гуреева И. И. Гербарий Томского университета: прошлое и настоящее // Информационный вестник ВОГИС. 2008. Т. 12. № 4. С. 548–554.
- Гуреева И. И. Коллекция типовых образцов Гербария им. П. Н. Крылова Томского государственного университета // Социально-экологические технологии. 2018. № 4. С. 9–19. DOI: [10.31862/2500-2961-2018-4-9-19](https://doi.org/10.31862/2500-2961-2018-4-9-19)
- Положий А. В. Гербарий им. П. Н. Крылова в Томском университете (К 100-летию со времени основания). Томск: Изд-во Том. ун-та, 1986. 87 с.

Положий А. В., Балашова В. Ф. Типы таксонов в Гербарии им. П. Н. Крылова. Томск, 1989. 47 с.

Сергиевская Л. П. Гербарий им. П. Н. Крылова при Томском государственном университете им. В. В. Куйбышева.

К 75-летию со дня основания. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1961. 56 с.

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ТИГИРЕКСКОГО ЗАПОВЕДНИКА
И ЕГО ОТРАЖЕНИЕ В ГЛОБАЛЬНОЙ БАЗЕ ДАННЫХ
ОБ ОБЪЕКТАХ БИОРАЗНООБРАЗИЯ (GBIF)**

Давыдов Е. А.^{1,2}

¹Государственный природный заповедник «Тигирекский», Барнаул, Россия

²Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

**BIODIVERSITY OF THE TIGIREK STRICT RESERVE
AND ITS REPRESENTATION
IN THE GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY (GBIF)**

Davydov E. A.^{1,2}

¹*Tigirek State Reserve, Barnaul, Russia*

²*Altai State University, Barnaul, Russia,*

ORCID: [0000-0002-2316-8506](https://orcid.org/0000-0002-2316-8506)

Corresponding e-mail: eadavydov@yandex.ru

Summary: the actual data on biodiversity of the main groups of biota of the Tigirek strict reserve basing on published information are presented. Specific features of the reserve in the context of nature protection are discussed. The actual data about the number of observations in GBIF and its sources are reported.

Keywords: biodiversity information facilities, endemism, protected area, red data book, species diversity

Тигирекский заповедник занимает уникальное географическое положение в переходной зоне от обширных степей юга Западной Сибири и Казахстана к горным системам Алтая и Саян. Территория заповедника лежит на периферии западной части Алтайской горной страны в левобережье бассейна верхнего Чарыша; основной её массив занимает западную часть Тигирекского хребта. В ландшафтной структуре заповедника доминируют лесные низкогорья и среднегорья, в осевой части Тигирекского хребта – тундровые и луговые альпинотипные ландшафты (Давыдов и др., 2011; Черных, Золотов, 2015; Черных и др., 2018, 2019).

Заповедник играет важнейшую роль в сохранении биологического разнообразия Западного Алтая и Алтайского края в целом. В заповеднике охраняются уникальные экосистемы, имеющие эталонное значение; их сохранение важно для охраны природы в России и мире. Среди них: 1) черневая тайга – реликтовое сообщество, включает ключевые местообитания для редких видов, имеет стабилизирующее значение; 2) сообщества сибирки алтайской – *Sibiraea altaiensis* (Laxm.) Schneid., самая большая популяция субэндемичного для Алтая ценозообразующего кустарника, уникальное сообщество, которое имеет эталонное значение (Зеленая книга..., 1996); 3) осоково-ирисово-стеллеропсисовые луговые степи – редкое сообщество, ключевое местообитание для редких и эндемичных видов (Зеленая книга..., 1996). В заповеднике отмечено 115 охраняемых видов, занесенных в Красные книги Алтайского края и России, в том числе 32 вида растений, 8 видов грибов, 13 видов лишайников, 18 видов беспозвоночных и 44 вида позвоночных животных (Давыдов и др., 2018).

Благодаря богатству редких и уязвимых растительных сообществ и видов растений, Тигирекский и Ханхаринский участки заповедника, а также часть охранной зоны между ними, включены в глобальную систему ключевых ботанических территорий (Артемов и др.,

2009). Помимо сообществ с сибирской алтайской и стеллеропсисом алтайским, здесь представлены хорошо сохранившиеся фрагменты злаково-разнотравных каменистых степей, кустарниковых степей и сообществ мезофильных кустарников низкогорий Западного Алтая.

В настоящее время территория заповедника является одной из наиболее комплексно изученных территорий Алтайского края. Здесь выявлено более четырех тысяч видов организмов (Власенко, 2011; Волынкин и др., 2011; Горбунова и др., 2011; Давыдов, 2011; Ирисова и др., 2011; Курбатова, Ножинков, 2011; Сафонова, 2011; Усик и др., 2011; Гармс, 2013; Гуськова, 2013; Волынкин, 2015; Гуськова, Куфтина, 2015; Орлова, Орлов, 2015; Снигирева, 2015; Золотов, 2015, 2018; Голубцов и др. 2017; Зинченко, Кругова, 2017; Золотухин, Сумачакова, 2017, 2018; Горбунова, 2018; Горбунова, Ребриев, 2018; Кузменкин, 2018; Кузменкин, Яныгина, 2018; Дегтяренко, 2019; и др.), в том числе (видов):

млекопитающих – 64;	сосудистых растений – 755;
птиц – 182;	мхов – 89;
пресмыкающихся – 6;	водорослей – 208;
земноводных – 2;	лишайников – 383;
рыб – 12;	грибов – 471;
беспозвоночных – 2 094;	слизевиков – 21.
в т.ч.: насекомых – 1 780;	
паукообразных – 277;	

В настоящее время готовится публикация списков видов в GBIF (www.gbif.org). В GBIF уже зафиксировано уже более 6 000 находок на территории заповедника. Основное их число (92 %) приходится на наблюдения, остальные – данные оцифрованных коллекций. Большая часть записей экспортированы из iNaturalist (www.inaturalist.org, 2 870 наблюдений) и eBird Observation Dataset (www.ebird.org, около 2 000 наблюдений), также опубликованы данные (497 записей), связанные с фенологическими наблюдениями на территории заповедника (Ovaskainen et al., 2020).

Литература

- Артемов И. А., Королюк А. Ю., Лашинский Н. Н., Куприянов А. Н., Анкипович Е. С., Буко Т. Е., Воронина М. К., Голяков П. В., Давыдов Е. А., Киприянова Л. М., Красников А. А., Красноборов И. М., Курбатская С. С., Липаткина О. О., Ломоносова М. Н., Макунина М. И., Мальцева Т. В., Маслова О. М., Пронькина Г. А., Пяк А. И., Сарбаа Д. Д., Смелянский И. Э., Стрельникова Т. О., Усик Н. А., Хрусталева И. А., Шауло Д. Н., Шереметова С. А., Яковлева Г. И. Ключевые ботанические территории Алтае-Саянского экорегиона: опыт выделения. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. 272 с.
- Власенко А. В. Миксомицеты Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 54–56.
- Волынкин А. В. Новые данные по фауне совкообразных чешуекрылых (Lepidoptera: Erebidae, Noctuidae) заповедника «Тигирекский» (Северо-Западный Алтай, Россия). Ч. 3 // Труды Тигирекского заповедника. 2015. Вып. 7. С. 67–68.
- Волынкин А. В., Триликаускас Л. А., Багиров Р. Т.-О. Бурмистров М. В., Бывальцев А. М., Василенко С. В., Вишневская М. С., Данилов Ю. Н., Дудко А. Ю., Дудко Р. Ю., Кнышов А. А., Косова О. В., Костров Д. В., Кругова Т. В., Кузнецова Р. О., Кузменкин Д. В., Легалов А. А., Львовский А. Л., Намятова А. А., Недошивина С. В., Перунов Ю. Е., Решиков А. В., Синев С. Ю., Соловаров В. В., Тюмасева З. И., Удалов И. А., Устюжанин П. Я., Филимонов Р. В., Чернышев С. Э., Чеснокова С. В., Шейкин С. Д., Щербаков М. В., Яныгина Л. В. Беспозвоночные животные Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 165–226.
- Гармс О. Я. Заметки к фауне млекопитающих Тигирекского заповедника (Северо-Западный Алтай) // Алтайский зоологический журнал. 2013. Вып. 7. С. 47–52.
- Голубцов А. С., Гордеева Н. В., Журавлёв В. Б., Черенков С. Е. Материалы по ихтиофауне водоемов Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2017. Вып. 9. С. 58–62.

- Горбунова И. А. Новые сведения об агарикоидных базидиомицетах заповедника «Тигирекский» (Алтайский край) // *Turczaninowia*. 2018. Т. 21. № 2. С. 160–171. DOI: [10.14258/turczaninowia.21.2.16](https://doi.org/10.14258/turczaninowia.21.2.16)
- Горбунова И. А., Ребриев Ю. А. Новые сведения о гастероидных базидиомицетах заповедника «Тигирекский» (Алтайский край) // *Turczaninowia*. 2018. Т. 21. № 1. С. 24–30. DOI: [10.14258/turczaninowia.21.1.3](https://doi.org/10.14258/turczaninowia.21.1.3)
- Горбунова И. А., Власенко В. А., Чубарова Ю. А. Макромицеты Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 57–71.
- Гуськова Е. В. Листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) заповедника «Тигирекский» (Северно-Западный Алтай, Россия). 2. Подсемейства: Chrysomelinae, Alticinae, Cassidinae // Вестник Алт. гос. аграрн. ун-та. 2013. Вып. 2 (100). С. 66–72.
- Гуськова Е. В., Куфтина Г. Н. Находка редкого жука-усача *Tragosoma depsarium* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera, Cerambycidae) в Государственном природном заповеднике «Тигирекский» (Алтайский край) // Амурский зоол. журн. 2015. № VII (2). С. 134–136.
- Давыдов Е. А., Бочкарёва Е. Н., Черных Д. В. Краткая характеристика природных условий Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 7–19.
- Давыдов Е. А., Гармс О. Я., Кузменкин Д. В., Кругова Т. М., Маслова О. М., Орлов О. Л., Горбунова И. А., Власенко В. А., Каменева А. Н., Волынкин А. В. Роль Тигирекского заповедника в сохранении видов Красной книги Алтайского края // Труды Тигирекского заповедника. 2018. Вып. 10. С. 5–28.
- Давыдов Е. А. Лишайники Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 72–89.
- Зеленая книга Сибири: редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества. Под ред. И. Ю. Коропачинского. Новосибирск: Наука, 1996. 397 с.
- Зинченко В. К., Кругова Т. М. Аннотированный список жуков подсемейства Cholevinae (Insecta: Coleoptera, Leiodidae) Тигирекского заповедника (Северо-Западный Алтай) // Труды Тигирекского заповедника. 2017. Вып. 9. С. 63–67.
- Золотов Д. В. Флористические находки в Тигирекском заповеднике // Труды Тигирекского заповедника. 2015. Вып. 7. С. 27–30.
- Золотов Д. В. Флористические находки на Белорецком участке Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2018. Вып. 10. С. 77–93.
- Золотухин Н. И., Сумачакова С. С. Дополнение к флоре Тигирекского заповедника (сосудистые растения) // Труды Тигирекского заповедника. 2017. Вып. 9. С. 15–28.
- Золотухин Н. И., Сумачакова С. С. Новое дополнение к флоре Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2018. Вып. 10. С. 77–93.
- Ирисова Н. Л., Бочкарёва Е. Н., Пожидаева Л. В., Васеньков Д. А. Позвоночные животные Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4. С. 90–164.
- Кузменкин Д. В. Дополнение к списку водных беспозвоночных Тигирекского заповедника и количественная характеристика макрозообентоса водоемов бассейна р. Иня // Труды Тигирекского заповедника. 2018. Вып. 10. С. 123–130.
- Кузменкин Д. В., Яныгина Л. В. Некоторые итоги изучения пресноводных беспозвоночных Тигирекского заповедника: обзор фауны // *Acta Biologica Sibirica*. 2018. № 4 (2). С. 6–16.
- Курбатова Л. Е., Ножинков А. Е. Мохообразные Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 30–35.
- Орлова М. В., Орлов О. Л. Эктопаразиты рукокрылых заповедника «Тигирекский» // Труды Тигирекского заповедника. 2015. Вып. 7: Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование. С. 69–70.
- Сафонова Т. А. Водоросли Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 20–29.
- Снигирева Л. С. К фауне огневок (Lepidoptera, Pyraloidea) заповедника «Тигирекский» // Труды Тигирекского заповедника. 2015. Вып. 7. С. 65–66.
- Усик Н. А., Маслова О. М., Голяков П. В. Сосудистые растения Тигирекского заповедника (аннотированный список видов) // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4: Биота Тигирекского заповедника. С. 36–53.
- Черных Д. В., Золотов Д. В. Ландшафтная структура Ханхаринского, Тигирекского участков и охранной зоны государственного природного заповедника «Тигирекский» // Известия АО РГО. 2015. № 2 (37). С. 16–28.
- Черных Д. В., Золотов Д. В., Бирюков Р. Ю., Першин Д. К. Ландшафтная структура северной части Белорецкого участка Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2018. Вып. 10. С. 29–39.

- Черных Д. В., Золотов Д. В., Бирюков Р. Ю., Першин Д. К. Ландшафтная структура южной части Белорецкого участка Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2019. Вып. 11. С. 8–15.
- Ovaskainen O., Meyke E., Lo C., Tikhonov G., del Mar Delgado M., Roslin T., Gurarie E. et al. Chronicles of nature calendar, a long-term and large-scale multitaxon database on phenology // Scientific data. 2020. V. 7 (47). DOI: [10.1038/s41597-020-0376-z](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0376-z)

СИСТЕМА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЧЕК-ЛИСТОВ ЛИШАЙНИКОВ НА ОСНОВЕ ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

Давыдов Е. А.¹, Мотин А. С.¹, Ваганов А. В.¹,
Зятнина М. В.¹, Стороженко Ю. В.¹, Яковченко Л. С.²

¹*Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия*

²*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
ДВО РАН, Владивосток, Россия*

A SYSTEM FOR COMPILING OF WEB-BASED DINAMIC CHECK-LISTS OF LICHENS BASING ON LITERATURE SOURCES

Davydov E. A.¹, Motin A. S.², Vaganov A. V.²,
Zyatnina M. V.², Storozhenko Yu. V.², Yakovchenko L. S.³

¹*Altai State University, Barnaul, Russia,*

ORCID: [0000-0002-2316-8506](https://orcid.org/0000-0002-2316-8506)

²*Altai State University, Barnaul, Russia*

³*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

Corresponding e-mail: eadavydov@yandex.ru

Summary: an information system for preparing check-lists of lichens and keeping them actual is presented. The system allows inputting, depositing, systematizing and searching information on a species composition of lichens in an arbitrarily selected region. The data base includes data on lichen species occurrences based on literature sources, as well as references, and can be outputted differently arranged.

Keywords: bibliography, biodiversity, data base, information system

Благодаря удобству использования динамические чек-листы различных территорий, размещенные в Интернете, занимают прочное место в мировой научной инфраструктуре. При условии поддержания данных в актуальном состоянии, это наиболее удобные инструменты для получения информации о видовом составе территории, распространении и синонимике видов. Небольшой обзор таких списков для лишайников в мире и России сделал А. В. Мелехин (2018) – один из создателей и администратор, пожалуй, наиболее комплексного инструмента в России для работы с находками криптогамных растений – системы CRIS (Cryptogamic Russian Information System, <http://kpabg.ru/cris/>) (Мелехин и др., 2018).

Целью настоящего сообщения является обзор системы, созданной и апробированной авторами для компиляции чек-листов лишайников произвольно выбранного региона.

Система предназначена для ввода, хранения, систематизации и поиска информации о видовом составе лишайников и лихенофильных грибов региона, а также библиографических ссылок на публикации, в которых эта информация содержится.

База данных (Давыдов и др., 2014, 2019) представлена набором записей, извлеченных из публикаций и приведенных к современной номенклатуре. Единицей хранения являются виды, размещенные по блокам, согласно источнику опубликования. Для каждой записи указываются название вида, принятое в публикации, название в соответствии с современной

номенклатурой грибов, и регион, в соответствии с принятым ботанико-географическим районированием.

Список лишайников может выводиться в трех формах. Простой: список оформлен в виде таблицы с информацией о первом указании вида для территории, его распространении по ботанико-географическим районам. Список с указанием всех источников включает все литературные ссылки с указанием вида в каждом районе, а конспект флоры, кроме того, синонимы, под которыми вид приводился в соответствующем источнике. Поиск указания вида в литературном источнике облегчен тем, что литературная ссылка содержит страницу, на которой впервые упомянут вид, а литературные источники, находящиеся в открытом доступе, снабжены гиперссылками для перехода. В конце списков отдельно даны исключенные таксоны также с указанием на источник и страницу в нем.

В системе реализованы фильтры, позволяющие вывести в тех же трех формах не все записи, а только те, которые относятся к определенной биологической группе (лишайники, лишенофильные грибы, близкие к лишайникам сапротрофные грибы) и/или одному или нескольким районам в пределах региона.

Система апробирована для составления первого чек-листа лишайников Алтайского края (Davydov, 2014) и используется для его поддержания в актуальном состоянии на сайте Алтайского государственного университета (<http://old.ssbg.asu.ru/lichens/docs/>). В настоящее время наполняются данными чек-листы республик Алтай и Тыва, регионов Дальнего Востока России и Японии.

Благодарности

Работа частично поддержана грантами РФФИ (проекты 13-04-98105, 19-44-220003, 19-54-50010).

Литература

- Давыдов Е. А., Мотин А. С., Ваганов А. В. База данных «Лишайники Алтайского края». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620356 от 27.02.2014.
- Давыдов Е. А., Мотин А. С., Ваганов А. В. Лишайники и лишенофильные грибы Сахалина и Курильских островов. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621169 от 02.07.2019.
- Мелехин А. В. Анализ веб-ориентированного чек-листа лишайников Мурманской области // Ботаника в современном мире: труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Т. 3: Споровые растения. Микология. Структурная ботаника. Физиология и биохимия растений. Эмбриология растений. Махачкала: АЛЕФ, 2018. С. 48–50.
- Мелехин А. В., Давыдов Д. А., Константинова Н. А., Боровичёв Е. А. Информационная система для изучения биоразнообразия – CRIS и основные векторы ее развития // Ботаника в современном мире: труды XIV Съезда Русского ботанического общества и конференции (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Т. 3: Споровые растения. Микология. Структурная ботаника. Физиология и биохимия растений. Эмбриология растений. Махачкала: АЛЕФ, 2018. С. 46–48.
- Davydov E. A. The first checklist of lichens, lichenicolous, and allied fungi of Altaisky krai (Siberia, Russia) // Mycotaxon. 2014. V. 127. P. 1–67. DOI: [10.5248/127.231](https://doi.org/10.5248/127.231)

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗОЛОТАРНИКА КАНАДСКОГО
(*SOLIDAGO CANADENSIS* L.)
В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕГИОНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

Данилкина Н. В., Дедков В. П.

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

**THE SPREAD OF CANADIAN GOLDENROD (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.)
IN THE EASTERN PART OF THE BALTIC SEA REGION**

Danilkina N.¹, Dedkov V.²

¹*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia,
ORCID: 0000-0003-3954-3806*

²*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia,*

Corresponding e-mail: natalia.danilkina@yahoo.com

Summary: *Solidago canadensis* L. is now widespread and considered invasive in many European countries and regions. The paper presents an overview of the spread of this non-indigenous species in Lithuania, Latvia, Estonia, Finland and North-West Russia. The analysis of data obtained from literature, reports, herbaria, expert interviews and databases shows the common trend of increasing invasiveness of the species.

Keywords: invasive alien species, *Solidago canadensis* L. complex, Baltic Sea region, invasive alien species database, biodiversity database

Введение

Чужеродные виды золотарника – это так называемые «беглецы из культуры», некогда интродуцированные как садовые растения. Золотарник канадский (*Solidago canadensis* Linnaeus) является одним из самых ранних представителей декоративных садовых растений, завезенных из Северной Америки в Европу. По имеющимся сведениям, в Англии он известен с 1645 года (Kowarik, 2003), а в регионе Балтийского моря раньше всего, в середине XIX века, обосновался в Германии (Weber, 1998). В настоящее время растения комплекса *Solidago canadensis* L., который в своем первичном ареале обитания насчитывает, как минимум, 6 таксонов (Croat, 1972), можно встретить в Австралии, Новой Зеландии, Японии, Китае, Закавказье, Сибири. Во многих европейских странах золотарник канадский распространен повсеместно и считается инвазивным видом (Kabuse, Priede, 2010). Входит он и в перечень инвазивных видов России, хотя пока распространен лишь в 11 из 45 рассмотренных экспертами субъектов (Vinogradova et al., 2018). Составление реестра инвазивных видов для всех регионов страны является актуальной задачей для исследователей. Не менее важной задачей, стоящей сегодня перед мировым экологическим сообществом, является создание и наполнение глобальных баз данных по биоразнообразию и инвазивным видам. В данной статье анализируются и обобщаются данные о распространении *Solidago canadensis* L. на Северо-Западе России, а также в Литве, Латвии, Эстонии и Финляндии.

Материалы и методы

Сообщение основано на данных, полученных в результате анализа документов и литературы, экспертных интервью и изучения гербарных сборов Балтийского федерального университета им. И. Канта. В работе использовались Глобальная база данных Европейской и средиземноморской организации по карантину и защите растений (EPPO Global Database), информационный портал Североевропейской и Балтийской сети по инвазивным чужеродным видам (NOBANIS), Глобальная информационная система о биоразнообразии (GBIF).

Результаты и их обсуждение

Активное распространение североамериканского *Solidago canadensis* в Европе и некоторых районах Азии началось во второй половине XX века, что сразу же привлекло внимание ученых. Отмечалось, что *Solidago canadensis* часто встречается на территориях, существенно нарушенных в результате хозяйственной деятельности человека: на заброшенных полях, обочинах дорог, железнодорожных насыпях, городских пустырях (Игнатов и др., 1990; Weber, 2000; и др.). Исследования, указывающие на инвазивный характер чужеродных видов золотарника в Европе, стали появляться в 1980-х гг. (Guzikowa, Mauscock, 1986). Представители *Solidago canadensis* L. быстро осваивали новые территории в Центральной Европе в широком диапазоне почвенных условий, как по структуре, так и по плодородию (Weber, 2000).

Подобную тенденцию можно отметить в расселении золотарника канадского на Северо-Западе России. В конце прошлого века в Псковской области растения занимали рудеральные местообитания в городах и сельской местности (Игнатов и др., 1990). Сегодня вид проявляет себя как типичный агрофит, т.е. самостоятельно распространяется как в антропогенных, нарушенных, так и в естественных растительных сообществах (Соколова, 2011).

В Финляндии, по данным 1998 года, золотарник канадский натурализовался в прибрежных фитоценозах примерно до 63° с. ш.; однако чаще наблюдать представителей данного вида можно в южных, более густонаселенных урбанизированных районах (Kurtto, Helynranta, 1998). На территории соседней Эстонии отмечаются относительно плотные популяции в отдельных местообитаниях, которые также располагаются, в основном, вблизи городов (Kabuse, Priede, 2010). С 2007 года распространение вида здесь регулируется на государственном уровне (EPPO Global Database).

В конце XX – начале XXI в. быстрому распространению золотарника канадского в антропогенных и природных ландшафтах стало уделяться особое внимание в Литве и Латвии (Gudžinskas, 1997; Kuusk et al., 2003; Priede, 2008; Karpavičienė et al., 2015). В этих странах золотарник канадский был включен в списки инвазивных растений.

Активное распространение *Solidago canadensis* в Калининградской области России происходит также на протяжении нескольких десятков лет. Согласно «Конспекту сосудистых растений Калининградской области», в конце прошлого века вид был широко распространен, хотя и не обилен (Губарева и др., 1999, с. 51). Специальных полевых наблюдений за данным видом в постсоветский период не велось. Единичный идентифицированный гербарный образец был найден у транспортной развязки на окраине Калининграда и датируется 24-м сентября 1992 года. Более ранние сборы второй половины 1960-х – 1980-х гг. также указывают на антропогенные, урбанизированные ландшафты как основные местообитания этого вида. Собранные образцы произрастали на городских пустырях, обочинах дорог, вдоль железнодорожных путей, в оврагах и канавах в черте города и в пригороде. Первые упоминания о *Solidago canadensis* в менее нарушенных, полунатуральных местообитаниях и сообществах относятся к началу 1970-х. По последним данным, полученным в региональном управлении Россельхозцентра, золотарник канадский активно расселяется по необрабатываемым полям

(Прогноз ..., 2017). В различной степени обилия он представлен практически во всех районах области. Актуальной информации о встречаемости вида «в природе» недостаточно.

Ресурс GBIF пока не позволяет заполнить эту лакуну. На текущий момент данные о встречаемости *Solidago canadensis* в рассматриваемом регионе, особенно в Юго-Восточной Балтике, довольно скудны. Для сравнения, за десятилетний период с 2010-го по 2019 г. на территории Финляндии указано 311 местонахождений с координатами; в Эстонии – 46; в Латвии и Литве, где вид распространен повсеместно, – 1 и 16 соответственно. Данные по Северо-Западу России также незначительны.

Заключение

В распространении *Solidago canadensis* L. на исследуемой территории обнаруживается характерный сценарий, угрожающий местным природным сообществам. Учитывая высокую адаптационную способность вида, необходимо вести регулярный сбор и анализ данных о его распространении, обилии, степени натурализации, фенологии и других эколого-биологических особенностях. Для уточнения инвазионного статуса вида представляется целесообразным привлечение большего числа наблюдателей для наполнения и обновления баз данных, а также интеграции разнообразной флористической информации по странам и регионам.

Литература

- Губарева И. Ю., Дедков В. П., Напреенко М. Г., Петрова Н. Г., Соколов А. А. Конспект сосудистых растений Калининградской области. Под ред. В. П. Дедкова. Калининград: Калининградский ун-т, 1999. 107 с.
- Игнатов М. С., Макаров В. В., Чичев А. В. Конспект флоры адвентивных растений Московской области // Флористические исследования в Московской области. М.: Наука, 1990. С. 5–105.
- Прогноз распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в Калининградской области в 2017 году и рекомендации по борьбе с ними / Министерство сельского хозяйства РФ, филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Калининградской области. Сост. В. М. Попова, Н. В. Нейгум. Калининград, 2017. 87 с.
- Соколова И. Г. Инвазивные виды Псковской области // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции: материалы I Международной научной конференции (Санкт-Петербург, 6–8 декабря 2011 г.). СПб.: ВИР, 2011. С. 289–295.
- Croat T. *Solidago Canadensis* Complex of the Great Plains // Brittonia 24. 1972. No. 3. P. 317–326. DOI: [10.2307/2805669](https://doi.org/10.2307/2805669)
- EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int/>
- GBIF. Global Biodiversity Information Facility. Свободный и открытый доступ к данным о биоразнообразии. URL: <https://www.gbif.org/>
- Gudžinskas Z. Conspectus of alien plant species of Lithuania. 4. Asteraceae // Botanica Lithuanica. 1997. V. 3 (4). P. 335–366.
- Guzikowa M., Maycock P. F. The invasion and expansion of three North American species of goldenrod (*Solidago canadensis* L. sensulato, *S. gigantea* Ait. and *S. graminifolia* (L.) Salisb.) in Poland // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 1986. 55. P. 367–384.
- Kabuce N., Priede N. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Solidago canadensis* // Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS. 2010. URL: www.nobanis.org (2020-1-15).
- Karpavičiene B., Radušienė J., Viltrakytė J. Distribution of two invasive goldenrod species *Solidago canadensis* and *S. gigantea* in Lithuania // Botanica Lithuanica. 2015. V. 21 (2). P. 125–132. DOI: [10.1515/botlit-2015-0015](https://doi.org/10.1515/botlit-2015-0015)
- Kowarik I. Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. Stuttgart: Ulmer, 2003. 380 p.
- Kurtto A., Helynranta L. Helsingin kasvit. Kukkivilta kiviltämetsän syliin. Helsinki: City of Helsinki Environment Centre and Helsinki University Press, 1998. 400 p.
- Kuusk V., Tabaka L., Jankevičiene R. Flora of the Baltic countries 3. Tartu: Estonian Agricultural University, Institute of Zoology and Botany, 2003. 406 p.
- Priede A. Invasive non-native *Solidago* species in Latvia: spreading history and current distribution // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2008. V. 62 (1/2). P. 78–83.

- Vinogradova Y., Pergl J., Essl F., Hejda M., van Kleunen M., Pyšek P. Invasive alien plants of Russia: insights from regional inventories // *Biological Invasions*. 2018. V. 20. P. 1931–1943. DOI: [10.1007/s10530-018-1686-3](https://doi.org/10.1007/s10530-018-1686-3) (2020-2-10).
- Weber E. Biological flora of Central Europe: *Solidago altissima* L. // *Flora*. 2000. V. 195. P. 123–134.
- Weber E. The dynamic of plant invasion: a case of three exotic goldenrod species (*Solidago* L.) in Europe // *Journal of Biogeography*. 1998. V. 25. P. 147–154.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТОПЛЕННЫХ ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Долгачева Л. Е.¹, Ротанова И. Н.²

¹*Центр защиты леса Алтайского края, Барнаул, Россия*

²*Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия*

RESEARCH OF FLOODED FOREST AREAS USING REMOTE SENSING DATA

Dolgacheva L. Ye.¹, Rotanova I. N.²

¹*Forest protection Center of the Altai Krai, Barnaul, Russia*

²*Altai State University, Barnaul, Russia,*

ORCID: 0000-0001-5205-5095

Corresponding e-mail: rotanova@mail.asu.ru

Summary: the application of remote sensing data in the study of forest flooding in the Altai Krai is considered. The results of research using the method of object-oriented classification of space images of the Earth's surface are presented. According to remote sensing data, the areas of flooding and the forest pathological condition of the Barnaul belt forest were estimated.

Keywords: belt forest, forest pathology, flooding of forests, forest degradation, remote sensing, processing of remote sensing data, Altai Krai

Современные средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационные технологии позволяют распознавать и картографировать подтопленные леса, оценивать их биофизические и таксационные показатели, проводить мониторинг.

В течение последних 10 лет в степной зоне Алтайского края повсеместно наблюдается значительный подъем грунтовых вод. Это привело к изменению естественных границ цепочек озер, расположенных в ложбинах древнего стока, и затоплению прилежащих ленточных боров. В результате обширные участки лесных насаждений оказались в зонах длительного затопления, что привело к увеличению лесных площадей с неудовлетворительным санитарным состоянием. Значительный подъем грунтовых вод на территории ленточных боров приводит к слиянию ряда озер и рек, а также к затоплению лесов и их деградации, в частности, к усыханию. Общая площадь сосняков, находящихся в зоне подтопления, оценивается в 30 тыс. га. Большая часть этих лесов недоступна для наземных обследований. Из-за мозаичного расположения участков усыхания лесов выполнить их картирование инструментально не представляется возможным.

Для осуществления мониторинга подтопленных лесов используется информация, получаемая в результате дешифрирования и последующего анализа данных ДЗЗ. Помимо визуального дешифрирования применяется автоматизированное распознавание изображения типов поверхности на космическом снимке. Поставленная задача исследования лесопатологического состояния ленточных боров включает не только распознавание класса поверхности, но и выделение ограниченных областей одного класса, таких как «лес», «вода», «усыхание леса» и др., для дальнейшего мониторинга их состояния (Ротанова, Кошкарев,

Медведев, 2014). Исследования лесопатологической обстановки на основе применения данных ДЗЗ выполнены на территориях Новичихинского, Крестьянского, Поломошенского и Гуселетовского участков лесничеств Новичихинского лесничества Алтайского края в пределах ленточных боров. Пилотной территорией изучения стали участки Новичихинского лесничества, где наблюдается длительное подтопление и затопление лесных территорий в связи с подъемом уровня грунтовых вод, вызывающее процессы деградации ленточных боров, произрастающих вблизи озер.

Для автоматизированного распознавания подтопленных лесных насаждений был применен метод объектно-ориентированной классификации, т.е. отнесения поверхности к одному из заранее заданных классов с обучаемым классификатором. Метод позволяет не только выделить объекты, представленные одним и тем же классом поверхности, но и верно задать пространство признаков объекта (Гурченков, Мурынин, Трекин и др., 2017). Применение объектно-ориентированной классификации приводит к повышению точности распознавания целевых объектов в сравнении с другими методами (например, с пиксельно-ориентированным подходом) (Blaschke, Johansen, Tiede et al., 2011; Игнатъев, Мурынин, Трекин, 2015).

Для исследования подтопленных лесных насаждений использованы разновременные снимки с различными характеристиками: среднего (10–50 м), высокого (1–10 м) и сверхвысокого (менее 1 м) пространственного разрешения. Данные ДЗЗ взяты из открытых источников (ресурсов USGS и ESA) в виде непрерывных наборов сцен, соответствующих уровню обработки LG1 – «сырые геоданные», не конвертированные в значения излучения на сенсоре. Для использования изображений проводились атмосферная коррекция и конвертация значений яркости в показатели излучения на сенсоре. Все операции выполнены автоматически с помощью модуля Semi-Automatic Classification QGIS 3.2.3 по снимку спутниковой системы Sentinel-2, с пространственным разрешением 15 метров, а также снимкам сверхвысокого разрешения спутниковой системы Канопус. Для снимков со спутников Sentinel-2 использована комбинация каналов 11-8-4. Данная комбинация каналов удобна для дешифрирования территорий с поврежденной растительностью, в частности, как последствий подтопления лесных земель.

Применение метода объектно-ориентированной классификации включало два этапа: на первом проводилась неконтролируемая классификация (кластеризация) точек изображения с учетом их спектральных, текстурных особенностей, а также взаимного расположения. Далее выделенные участки дешифрировались с обучаемым классификатором, с разделением не менее чем на 10 классов. Каждый класс включал от 10 до 30 полигонов обучающих выборок. Полигоны каждого класса не должны иметь пересечений с другими классами и подбираются максимально похожими.

Для выполнения классификации были выделены следующие классы: облака; тени от облаков; водные объекты (реки, озера); поля (открытый грунт почвы); объекты техносферы (населенные пункты, строительные площадки, инфраструктура, постройки и пр.); лиственный лес; хвойный лес; затопленные территории; повреждение насаждений в результате гарей, вредителей и т.п.; иные, не покрытые лесом земли.

На первом этапе объектной классификации происходит сегментация изображения – разделение его на отдельные участки, характеризующиеся однородной структурой внутри участка и существенными различиями между участками. Задача этого этапа обработки изображения – выделить на нем объекты, подлежащие классификации. Соответственно, при описании классификации объектов на изображении, именно участки, полученные на этапе сегментации, принимаются в качестве объектов, с предположением, что они соответствуют

природным или антропогенным объектам на поверхности Земли. Для проведения классификации, используя модуль Semi-Automatic Classification, создают файл сигнатур с необходимым количеством классов. Инструмент ROI применяемого модуля позволяет добавлять классы как автоматически, на основе спектрального расстояния между пикселями, так и задавая вручную.

Для обработки снимков на первом этапе наиболее удачным стал выбор классификации по принципу минимальной дистанции. Результатом работы является классифицированное изображение с заданным количеством классов. Полученный векторный слой был отредактирован вручную, исходя из задачи выделения затопленных территорий вокруг озерных систем. В комбинации каналов 11-8-4 снимка Sentinel-2 затопленные территории были выделены подсветкой.

На втором этапе была проведена классификация полученных на первом этапе объектов – отнесение каждого из них к определенному классу поверхности Земли. Для определения пространства признаков были применены следующие подходы:

- определение среднего значения яркости во всех каналах по всем пикселям объекта;
- поточечная классификация – отнесение объекта целиком к тому классу, к которому отнесено наибольшее число его точек (Гурченков, Мурынин, Трекин и др., 2017).

Результат обработки методом объектно-ориентированной классификации позволяет выделить отдельные связные объекты, необходимые для решения задач лесопатологического мониторинга.

На исследуемой территории Новичихинского лесничества произрастает светлохвойный лес – Барнаульский ленточный бор. Преобладающей породой является сосна. В верхнем лесном ярусе произрастают береза и осина. По берегам рек часто встречается ива и тополь (Золотов, 2009). В 2017 г. повреждения лесных культур от наводнения на территории Новичихинского лесничества были не столь значительны. Затопление наблюдалось лишь вдоль берегов и глубоко в лес не заходило. Лишь небольшая прибрежная часть лесов утратила свою устойчивость. В 2018 г., вследствие длительного затопления, площадь погибших лесонасаждений увеличилась и составила, по данным ДЗЗ, около 5 000 га. Поврежденными породами отмечены сосновые, березовые, осиновые и ивовые насаждения.

Лесопатологический мониторинг на основе данных ДЗЗ обеспечивает раннее выявление неблагополучного состояния насаждений, оценку и прогноз развития ситуации для своевременного принятия решений по планированию и осуществлению эффективных природоохранных и лесозащитных мероприятий.

Выполненные исследования на базе Центра защиты леса Алтайского края позволили получить значимые результаты как для выявления лесопатологической ситуации, так и оценки площади поврежденных и погибших лесных насаждений (Dolgacheva, Rotanova, 2019). Далее, при накоплении данных и оперативной их обработке, предполагаются более углубленное исследование и получение новых количественно-качественных результатов изучения последствий затопления лесов.

Литература

- Игнатьев В. Ю., Мурынин А. Б., Трекин А. Н. Метод объектно-ориентированной классификации космических изображений для мониторинга импактных районов // Открытия и достижения науки: сборник материалов Международной научной конференции. 2015. С. 176–186.
- Гурченков А. А., Мурынин А. Б., Трекин А. Н., Игнатьев В. Ю. Метод объектно-ориентированной классификации объектов подстилающей поверхности в задаче аэрокосмического мониторинга состояния импактных

- районов Арктики // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер.: Естественные науки. 2017. № 3. С. 135–146. DOI: [10.18698/1812-3368-2017-3-135-146](https://doi.org/10.18698/1812-3368-2017-3-135-146)
- Золотов Д. В. Краткая характеристика флоры бассейна реки Барнаулки. Новосибирск: Наука, 2009. 192 с.
- Ротанова И. Н., Кошкарев А. В., Медведев А. А. Использование материалов дистанционного зондирования Земли для цифрового моделирования рельефа в составе региональных инфраструктур пространственных данных // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19. № 3. С. 38–47.
- Blaschke T., Johansen K., Tiede D., Weng Q. (eds.). Object-based image analysis for vegetation mapping and monitoring // Advances in environmental remote sensing: sensors, algorithms, and applications. CRC Press, 2011. P. 1–272. DOI: [10.1201/b10599-13](https://doi.org/10.1201/b10599-13)
- Dolgacheva L. E., Rotanova I. N. Remote sensing of forest belt flooded areas // Acta Biologica Sibirica. 2019. V. 5 (4). P. 83–88. DOI: [10.14258/abs.v5.i4.7066](https://doi.org/10.14258/abs.v5.i4.7066)

ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ФИТОЦЕНАРИЯ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Домнина Е. А.^{1,2}, Кантор Г. Я.²

¹*Вятский государственный университет, г. Киров, Россия*

²*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия*

FEATURES OF THE INFORMATION SYSTEM OF ELECTRONIC PHYTOCOENARIUM OF KIROV REGION

Domnina E. A.^{1,2}, Kantor G. Ya.²

¹*Vyatka State University, Kirov, Russia,*

ORCID: [0000-0002-5063-8606](https://orcid.org/0000-0002-5063-8606)

²*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Russia,*

ORCID: [0000-0002-6462-6702](https://orcid.org/0000-0002-6462-6702)

Corresponding e-mail: grigory_kantor@mail.ru

Summary: the database of geobotanical descriptions developed in a joint biomonitoring laboratory of the Institute of Biology of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and Vyatka State University, intends to be included in the future into the structure of the international collaboration of geobotanical research. It has a user-friendly interface and includes comprehensive reference material for use in educational activities.

Keywords: geobotany, botanic database, phytocoenarium

Значение геоботанических исследований в последние десятилетия только возрастает (прежде всего за счет двух важнейших экологических проблем современности – глобальных климатических изменений и усиления антропогенного давления на биосферу). В мире накоплено огромное количество локальных описаний растительности и фитоценозов, созданы систематизированные коллекции таких описаний (фитоценоарии), но отсутствие единого общепринятого мирового стандарта геоботанического описания чрезвычайно затрудняет обмен информацией между различными исследовательскими группами и школами, глобальную интеграцию знаний в этой области биологии. Очевидно, что время создания геоботанического «эсперанто» еще не наступило, и очень важно изучать весь имеющийся мировой опыт создания систем обработки геоботанической информации, чтобы будущие единые стандарты включали в себя лучшие теоретические и технические находки.

Современный фитоценоарий – это не просто набор бланков или файлов (пусть и систематически упорядоченных), а компьютерная информационная система со сложной внутренней логической структурой, отражающей объективно существующую иерархию природных экосистем. Чрезвычайно важна эргономичность таких информационных систем, пользовательский интерфейс должен быть очень простым и интуитивно понятным, не требующим специальных технических знаний для специалиста-биолога, работающего с системой.

В Кировской области изучение растительности проводится достаточно давно. Накоплен большой объем геоботанических описаний, но все описания разрозненны, разные авторы придерживаются различных подходов к проведению полевых исследований, используют бланки геоботанических описаний с различной структурой и т.д. Это значительно усложняет комплексную обработку данных, оценку состояния отдельных типов растительности, распространения их на территории Кировской области. Поэтому одной из важнейших целей настоящей работы является разработка программного комплекса, создающего удобную рабочую среду для исследователей – ботаников и экологов, решающих задачи фитоценологии и мониторинга окружающей среды. Кроме того, предполагается активное использование комплекса в учебном процессе университета при подготовке биологов и экологов для отработки навыков полевых и камеральных работ, использования определителей растений и т.д.

С технической точки зрения основу информационной системы фитоценоария составляет реляционная база данных (БД) формата Borland Paradox 7.0. Состав таблиц БД традиционен для такого рода информационных систем. Во-первых, это перечень видов высших растений, обитающих на территории бывшего СССР, по сводке Черепанова (1995), дополненный сведениями об эколого-ценотических свойствах видов в соответствии с экологическими шкалами Раменского, Элленберга и Цыганова. При информационном наполнении таблицы были использованы разработки Института математических проблем биологии РАН (Смирнова, Заугольнова, Ханина, 2001). Таксономическая иерархия растений задается логически связанными таблицами видов, родов и семейств. Кроме того, в систему включен обширный справочный и иллюстративный материал (в основном, на основе определителя растений Скворцова (2000), а также цифровых фотографий, выполненных в ходе полевых работ).

Система позволяет работать как с систематическими (латинскими), так и с русскими названиями растений, включая различные синонимические. Предусмотрена возможность импорта геоботанических описаний из файлов Microsoft Excel и Word (в последнем случае описания должны быть набраны в форме таблиц стандартной структуры).

Каждое геоботаническое описание, включенное в базу данных фитоценоария, состоит из заголовка («шапки описания») и перечня видов растений с их количественными и качественными характеристиками (высота, диаметр, возраст, обилие, фенофаза, жизненное состояние). «Шапка» описания содержит географические координаты пробной площадки (ключевого участка), что позволяет связать фитоценоарий с геоинформационной системой (в существующем варианте это ГИС MapInfo любой версии, начиная с 4-й). Это дает возможность автоматически отображать на карте местоположение выбранного описания, а также выполнить привязку старых описаний, сделанных без навигационных приемников, при помощи карты по словесному описанию местоположения.

Внесение описаний в базу данных проводится в следующей последовательности.

При входе в программу в диалоговом окне появляется вкладка «Описания», которая позволяет начать новое описание или же выбрать уже имеющееся описание из перечня. При создании нового описания на экране появляется окно характеристики участка с параметрами, которые необходимо заполнить в следующей последовательности: «Заголовок» – указываем название участка; «Автор описания» – указываем автора, который составлял данное описание; «Дата описания»; «Район», в котором проводилось данное описание; «Координаты» центра участка: широта и долгота; «Ближайший географический объект», рядом с которым проводилось описание; «Характер рельефа»: указываем микрорельеф (ex: ровный); «Уклон» и «Экспозиция склона», если указано в описании; «Характер увлажнения»: тип водного питания

(грунтовый, смешанный, верховой); тип почвы: «Почва» (ex: слабоподзолистая грунтово-глееватая супесчаная почва на древнеаллювиальных отложениях).

Сохраняем характеристику площадки, нажав соответствующую вкладку.

Далее идет занесение данных по типу фитоценоза. Это может быть лес или луг. Интерфейс диалогового окна для разных типов фитоценозов не отличается. Мы только выбираем нужные параметры. Например, в случае, если это лес, мы указываем формулу древостоя, которая отражает количество и виды деревьев, составляющих данный фитоценоз (ex: 4Е 3С 2Б 1Ос + Лп); «Ассоциация»: указываем тип ассоциации леса (ex: елово-сосновый чернично-сфагновый). Если заполняем описание лугового фитоценоза, то заполняем вкладки «Формация», «Аспект», а также другие параметры, если они имеются, во вкладку «Дополнительные сведения».

Переходим к списку видов, нажимая вкладку «Список видов геоботанического описания». Выбираем вкладку «Добавить вид». Появляется окно «Выбор вида». Выбираем из базы русское или латинское название вида, нажимаем кнопку «Выбрать» и «Добавить в описание». После выбора вида появляется диалоговое окно, в котором указываются параметры характеристики вида: «Ярус», «Проективное покрытие», «Обилие по Друде», «Высота» (минимальная и максимальная), «Диаметр», «Фенофаза».

Указываем все параметры вида и нажимаем вкладку «Сохранить описание». На экране появляется название вида с заполненными параметрами.

Программа дает возможность редактирования описаний. Для этого нужно выбрать уже имеющееся описание в перечне. Отредактировав нужные параметры, сохраняем данные, для этого нажимаем кнопку «Сохранить характеристику площадки». Если мы хотим добавить или удалить какой-либо вид из готового описания, переходим к списку видов, вкладка – «Перейти к списку видов».

Программное обеспечение базы данных позволяет делать различные количественные оценки. Так, по имеющимся описаниям можно выявить общее количество видов, количество видов лесных фитоценозов, количество видов луговых фитоценозов, отобразить на карте-схеме точками координаты размещения лесных и луговых фитоценозов, а также экологический статус местообитания по фитоиндикационным шкалам в виде графической диаграммы.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии ФИЦ «Коми НЦ УрО РАН» по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.

Литература

- Скворцов В. Э. Атлас-определитель сосудистых растений таёжной зоны Европейской России. М.: Гринпис России, 2000. 587 с.
- Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. М.: Научный мир, 2001. 196 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАУЧНОЙ РАБОТЕ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Дровнина С. И.^{1,2}, Черенкова Н. Н.^{1,2}, Петрова Н. В.¹,
Федченко И. А.³, Старопопов Г. А.³, Шаврина Е. В.³, Долгих А. В.⁴

¹Национальный парк «Кенозерский», Архангельск, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

³Государственный заповедник «Пинежский», Пинега, Россия

⁴Институт географии РАН, Москва, Россия

USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN SCIENTIFIC WORK IN THE PROTECTED AREAS IN THE ARCHANGELSK REGION

Drovnina S. I.^{1,2}, Cherenkova N. N.^{1,2}, Petrova N. V.¹,
Fedchenko I. A.³, Shavrina E. V.³, Staropopov G. A.³, Dolgikh A. V.⁴

¹National Park “Kenozersky”, Arkhangelsk, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

³Pinezhsky State Nature Reserve, Pinega vil., Russia

⁴Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Corresponding e-mail: priroda@kenozero.ru, biodiversity@kenozero.ru,
pinzapno@mail.ru, an.dolgikh@gmail.com

Summary: the article describes the use of modern technologies (portable weather stations and loggers) for studying the natural course of processes occurring in nature. Examples of using an acoustic ultrasonic static detector, quadrocopters, camera traps, collars, as well as the mobile application Survey123 in the search and registration of animals are given. An assessment of the success of using of modern technologies in the federal protected areas of the Arkhangelsk region is presented.

Keywords: registration, monitoring, loggers, aerial surveys, weather stations, acoustic ultrasound monitoring, quadrocopter, protected areas, Arkhangelsk region

Одной из основных задач государственных природных заповедников и национальных парков России является изучение естественного хода процессов, протекающих в природе, и выявление взаимосвязей между отдельными частями природного комплекса по программе «Летописи природы». Одним из результатов научной деятельности является ежегодный том «Летописи природы». На основе опроса сотрудников и анализа результатов научной работы федеральных особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Архангельской области: Пинежского заповедника и 4 национальных парков («Кенозерский», «Онежское Поморье», «Водлозерский» и «Русская Арктика») выбраны примеры использования современных технологий в практике этих учреждений.

Поскольку в отдельные разделы Летописи помещаются сведения о погоде, а также динамике температуры и влажности почв экосистем территории, то для сбора этой информации сотрудники используют данные государственных метеостанций (ГМС), портативных комплексов для определения физических факторов погоды Davis Vantage Pro2 6152CEU (США)

(в национальном парке «Онежское Поморье», д. Луда). Но чаще всего метеостанции удалены от территории ООПТ, и наблюдаются некоторые отличия климатических параметров. Поэтому для их уточнения снимают точечные данные с логгеров, установленных на территории ООПТ. Так, в Пинежском заповеднике изучение микроклимата территории заповедника с помощью логгеров проводится с 2005 г. С 2012 года заповедник приобрел и стал использовать в своей работе измерители регистраторы ИС-203.2 (логгер-самописец), который фиксирует температуру воздуха и температуру почвы на глубине 10 см на двух ключевых участках – в районе оз. Сычёво (водораздел рек Сотка и Пинега) и в долине реки Сотка в урочище Филипповская. Логгеры работают в течение всего вегетационного сезона (со сходом снежного покрова и оттаиванием почвы и до наступления устойчивых заморозков). Использование логгеров-самописцев дало возможность сравнивать результаты с данными ГМС п. Пинега и получать более точные показания для оценки влияния температур на ход и сезонное развитие растений, на сроки наступления вегетации, цветения и плодоношения у травянистых видов и кустарничков. Например, логгеры позволяют отследить поздние весенние, летние и первые осенние заморозки на территории заповедника, не регистрируемые метеостанцией.

Традиционно для температурных наблюдений в пещерах Пинежского заповедника используют максимальные и минимальные термометры, что, при шаге исследований в 1 месяц, дает лишь интервал температур (амплитуду) за этот период (Шаврина, 2014). С 2007 года в измерениях используют температурные логгеры DS1922L-F50 (США) и регистраторы температуры-влажности воздуха iBDL-HS, разработки фирмы ЭлИн (Москва). Использование температурных логгеров (интервал между замерах – 3 часа) значительно расширило возможности наблюдений. Анализ температурного поля по среднесуточным параметрам пещер дает полную картину температурной динамики.

Сотрудниками Института географии РАН в работе по определению температурного режима почв на территории Пинежского заповедника с 2012 года используются 4-канальные логгеры Noho U12-008 4-Ch Ext Out/Ind (Onset Computer Corporation). Датчики логгеров связаны в косу, помещены в металлопластиковую трубу, которая установлена в скважину, заложенную с помощью ручного почвенного бура (Долгих, Старопопов, 2016). В итоге получают графики хода температур, среднегодовые показатели, максимумы и минимумы температур воздуха и почвы на глубинах от 0 до 160 см.

Использование портативных метеостанций в условиях севера, при значительной удаленности от крупных населенных пунктов, требует обязательного наличия блоков резервного питания с номинальным выходным напряжением в 12 В из-за частых перебоев с электричеством. В противном случае происходит сбой в работе и невозможно автоматически построить динамические ряды для анализа (цикл наблюдений запускается вновь).

В 2017 году в Кенозерском национальном парке, а в 2018 году в национальном парке «Водлозерский» сотрудниками Института биологии Карельского научного центра РАН во главе с ведущим научным сотрудником, к.б.н. В. В. Белкиным успешно проведено исследование, направленное на оценку видового состава и распределения гладконосых летучих мышей на территории указанных ООПТ методом акустического ультразвукового мониторинга с применением статического детектора. В результате в Кенозерском парке достоверно установлено присутствие редкого в Архангельской области вида – северного кожанка и обнаружено два новых вида – рыжая вечерница и водяная ночница (Черенкова, Дровнина, 2017).

Учет животных, определение их численности и мест концентрации являются одной из основных задач мониторинга на любой ООПТ. Современные технологии позволяют упростить процесс регистрации и дальнейшего использования этой информации в научных целях.

В 2018 году в национальном парке «Русская Арктика» был запущен проект мониторинга представителей фауны с использованием мобильного приложения Survey123, разработанного компанией ESRI для мобильных телефонов и планшетов. Дополнительно на устройства было установлено приложение для записи треков движения судна. Приложение является универсальным и позволяет создавать собственную форму с определенными полями, на которые вносят собираемые данные. При этом автоматически фиксируются географические координаты для каждой записи. На базе приложения Парк разработал форму опроса, усовершенствовав ее применительно к требованиям учреждения (Карпов, Барашнин, 2018). Помимо данных учета животных фиксировалось состояние погоды в месте регистрации. Апробирование электронной версии журнала наблюдений прошло в ходе нескольких туристических круизных рейсов, которые сопровождали в течение лета госинспекторы «Русской Арктики». Были получены первые электронные отчеты с данными о мониторинге краснокнижных видов на архипелаге Земля Франца-Иосифа. В результате апробация приложения показала эффективность электронной версии журнала учета встреч животных, позволяющая получать данные, доступные сразу к обработке и анализу в системе ArcGIS. Однако были выявлены и недостатки, которые необходимо устранять и дорабатывать: медленная работа мобильных телефонов и планшетов, затрудняющая быструю фиксацию объектов, и технические недоработки в ведении судовых учетов.

На сегодняшний день специалисты национального парка ведут работу по устранению недостатков. В перспективе использование данного приложения позволит заменить бумажный вариант полевых дневников учета животных на электронный.

Другим способом мониторинга и фиксации животных, широко используемым на разных ООПТ России, является слежение с квадрокоптера или проведение авиаучетов. Так, в Водлозерском национальном парке для изучения популяции сокращающегося в численности дикого северного оленя используют квадрокоптер DJI Phantom 4 с камерой UHD 4K, камеры слежения Bushnell Nature View Cam HD Max 2015, 14 MP и ошейники с радиомаяком «Пульсар» спутниковых систем Argos/GPS/ГЛОНАСС для мечения животных. В итоге получают треки, фото- и видеоматериалы, строят карты-схемы размещения животных. На территории национального парка «Онежское Поморье» (район Унской губы Белого моря) для поиска и изучения гнезд редких хищных птиц орлана-белохвоста и скопы М. В. Бабушкин, к.б.н., заместитель директора по научной работе ФГБУ «Дарвинский государственный природный биосферный заповедник», также использовал квадрокоптер (Черенкова, Дровнина, 2018). Но этот способ не является универсальным, скорее, он носит вспомогательный характер.

На территории ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский», в состав которого входят Кенозерский национальный парк и национальный парк «Онежское Поморье», в регистрации животных используют фотоловушки Scoutguard SG968D-10M, Reconyx HC600 (США), Boscon, Kubik. Самую высококачественную съемку на сегодняшний день делают фотоловушки Reconyx. Фотоловушки Scoutguard имеют один важный недостаток для работы – нерусифицированную версию, что усложняет ее использование госинспекторами. В планах – закупка более современных моделей Browning. Самую большую трудность в условиях севера представляет малый срок службы элементов питания.

Таким образом, использование современных методов ведения научных работ позволяет не только научным сотрудникам, но и госинспекторам, лесникам заповедников и национальных парков быстро получать достоверные сведения о местоположении, численности и половой структуре поголовья животных на территории ООПТ. Эти данные ложатся в основу планирования и разработки мер по сохранению видов.

Благодарности

Авторы статьи благодарят за помощь при ее подготовке Л. В. Пучнину, заместителя директора по научной работе ФГБУ «Государственный заповедник «Пинежский», И. А. Мизина, к.б.н., заместителя директора по научной работе ФГБУ «Национальный парк «Русская Арктика», Е. В. Кулебякину, к.б.н., старшего научного сотрудника ФГБУ «Национальный парк «Водлозерский».

Литература

- Долгих А. А., Старопопов Г. А. Данные логгеров (температура почвы и воздуха) за период 01.11.2014–30.10.2015 // Летопись природы Пинежского заповедника. Т. 39. п. Пинега, 2016.
- Карпов А. А., Барашнин Д. А. Использование электронного приложения для учета животных на территории национального парка «Русская Арктика» // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. Вып. № 4 (101). Салехард, 2018. С. 24–27.
- Черенкова Н. Н., Дровнина С. И., Козыкин А. В., Соболев В. М., Самойлова Н. В. Летопись природы национального парка «Кенозерский». 2017 год // Научный архив ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский». Ф. 1. Оп. 2. Д. 957.
- Черенкова Н. Н., Дровнина С. И., Козыкин А. В., Соболев В. М., Самойлова Н. В. Летопись природы национального парка «Онежское Поморье». 2018 год // Научный архив ФГБУ «Национальный парк «Кенозерский». Ф. 2. Оп. 2.1. Д. 51
- Шаврина Е. В. Сезонная и многолетняя динамика подвижных компонентов пинежских пещер // Сохранение и изучение гео- и биоразнообразия на ООПТ Европейского Севера России: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию заповедника «Пинежский» (2–5 сентября 2014 г., п. Пинега, Архангельская обл.). Ижевск, 2014. С. 50–55.

**ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ
ПСАММОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ
И ЕЕ СИНТАКСОНОМИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ**

Дулепова Н. А.

*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
Новосибирск, Россия*

**GEOGRAPHICAL DIFFERENTIATION OF PSAMMOPHYTIC VEGETATION
OF BAIKAL SIBERIA AND ITS SYNTACONOMIC POSITION**

Dulepova N. A.

*Central Siberian botanical garden SB RAS, Novosibirsk, Russia,
ORCID: [0000-0002-0061-346X](https://orcid.org/0000-0002-0061-346X)*

Corresponding e-mail: file10-307@yandex.ru

Summary: the vegetation of sandy massifs of Baikal Siberia was classified into 22 associations, belonging to the class *Brometea korotkyi*, the order *Oxytropidetalia lanatae* and three alliances – *Aconogonion chlorochrysei*, *Festucion dahuricae* and *Oxytropidion lanatae*. The alliance system reflects the geographical differentiation of psammophytic vegetation.

Keywords: vegetation, psammophytes, syntaxonomy, *Brometea korotkyi*, Baikal Siberia

Современные эоловые формы рельефа в Сибири занимают значительные пространства, связанные с областями развития древних песчаных отложений (Иванов, 1966; Проблемы..., 1976; Выркин, 2010). Псаммофитная растительность Байкальской Сибири представлена в пределах степного, лесостепного и лесного поясов растительности, она заметно отличается по составу и структуре от фонового зонального окружения. Песчаные ландшафты широко распространены в долине рек Селенги и Баргузина, по побережьям озера Байкал. Наиболее изолированным является массив песков в Верхнечарской котловине, представляющий своеобразный анклав в окружении таежных лесов (Баженова и др., 1997). Таким образом, псаммофитная растительность Байкальской Сибири занимает большой ареал на широтном градиенте, протяженностью более 800 км – от 50° с. ш. границы России и Монголии до 56° с. ш. Забайкальского края, и на долготном – от 106° в. д. Иркутской области до 118° в. д. Забайкальского края.

С конца XVIII века до 90-х гг. XX в. на песчаных массивах проводились преимущественно исследования флоры, о растительности песков в публикациях приводились лишь отрывочные сведения. Единичны работы, посвященные флористической классификации псаммофитной растительности. На побережьях озера Байкал был описан порядок *Oxytropidetalia lanatae* Brzeg et Wika 2001, и четыре ассоциации (Chytrý et al., 1993; Вика и др., 1997, 2002, 2006; Щипек и др., 2000, 2005; Brzeg, Wika, 2001). Начиная с 2009 года, нами были планомерно обследованы песчаные массивы Байкальской Сибири, было выполнено около 1 100 геоботанических описаний, а также разработаны схемы флористической классификации для отдельных регионов. В настоящее время псаммофитная растительность Байкальской

Сибири рассматривается в составе единого класса *Brometea korotkyi* Hilbig et Korolyuk 2000, который включает один порядок, 3 союза и 22 ассоциации. Положение 5 ассоциаций, 3 субассоциаций и 1 сообщества среди синтаксонов высшего порядка (союзы и порядок) не определено (Hilbig, Koroljuk, 2000; Дулепова, Королук, 2013, 2015; Дулепова, 2016).

Цель работы – выявить закономерности географической дифференциации псаммофитной растительности Байкальской Сибири и показать, каким образом она отражается в системе флористической классификации.

На основе собранных нами и ранее опубликованных данных, нами была проведена непрямая ординация всего массива описаний. Анализ результатов ординации показал, что вся совокупность первичных данных разделилась на три хорошо отграниченных облака рассеяния, которые в целом соответствуют трем союзам из состава порядка *Oxytropidetalia lanatae*.

Первое облако представлено сообществами союза *Aconogonion chlorochrysei* Dulepova et Korolyuk 2013, который объединяет ценозы развеваемых песков Верхнечарской котловины Забайкальского края и диагностируется тремя видами: *Aconogonon chlorochryseum*, *Agropyron nathaliae* и *Silene amoena*. Флора Чарских песков бедна, что связано с их оторванностью от основного ареала псаммофитной растительности. Помимо этого данный массив располагается в таежной зоне, а представители лесной флоры не приспособлены к произрастанию в крайне сухих условиях. Фитоценотическое разнообразие союза представлено 4 ассоциациями, 3 субассоциациями и 2 сообществами (Дулепова, Королук, 2013).

Второе облако объединяет сообщества союза *Festucion dahuricae* Dulepova et Korolyuk 2015, которые развиваются в лесостепных и степных ландшафтах пояса горной лесостепи в пределах бассейна р. Селенги и Баргузинской котловины. Здесь песчаные массивы непосредственно контактируют со степными экосистемами, что определяет наиболее важную особенность ценофлоры псаммофитных сообществ, а именно высокую активность широко распространенных в Селенгинском среднегорье степных видов. Своеобразие растительных сообществ союза определяется высокой активностью многих облигатных и факультативных псаммофитов: *Aconogonon sericeum*, *Agropyron michnoi*, *Artemisia xanthochroa*, *A. xylorhiza*, *Festuca dahurica*, *Leymus littoralis* и *Ulmus pumila*. Обособленное положение занимают ассоциации урочища Большие пески (Малхан-Элысун), что связано с его положением в окружении соснового леса и присутствием только здесь двух характерных видов, общих для отдаленных регионов (республики Бурятия и Тыва) – *Thesium tuvense* и *Corispermum macrocarpum*. Союз *Festucion dahuricae* представлен 5 ассоциациями, 2 субассоциациями, 2 вариантами и 4 сообществами (Дулепова, Королук, 2015).

Третье облако представляет растительность песчаных побережий оз. Байкал, представляющих союз *Oxytropidion lanatae* Chytrý, Pešout et Anenichonov 1993 (Chytrý et al., 1993). Песчаные массивы на побережье озера находятся в непосредственном контакте с лесами, лугами и болотами, вследствие чего псаммофитная растительность обогащается видами ближайшего окружения, такими как: *Artemisia monostachya*, *Carex acuta*, *Festuca ovina* subsp. *vylyzaniae*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum* и др. Обособленность ассоциации *Astragalo olchonensis-Chamaerhodetum grandiflorae*, описанной с побережья Ольхона, объясняется высокой встречаемостью широко распространенных степных видов: *Thymus baicalensis*, *Carex korshinskyi*, *Silene jeniseensis*, *Poa botryoides* и узколокального эндемика острова Ольхон – *Astragalus olchonensis*. Союз *Oxytropidion lanatae* насчитывает 8 ассоциаций, 5 субассоциаций и 3 сообщества (Дулепова, 2016).

Особенности экологических условий развеваемых песков определяют то, что повсеместно их растительность по составу и структуре заметно контрастирует с зональным

окружением. Значительную роль здесь играют облигатные псаммофиты. Анализ облигатной фракции псаммофитной флоры Сибири и сопредельных территорий показал, что наибольшим своеобразием характеризуется Байкальская Сибирь, и особенно Республика Бурятия (Дулепова, Королук, 2012).

Независимое развитие песчаных ландшафтов, их изолированность друг от друга и активность дефляционных процессов привели к формированию значительного числа узколокальных эндемиков: *Festuca rubra* subsp. *baicalensis*, *Myosotis baicalensis*, *Papaver ammodaphnoides*, *Polygonum glaucescens*, *Thymus pavlovii*, *Corispermum ulopterum*, *Craniospermum subvillosum* – на побережье оз. Байкал; *Agropyron nathaliae*, *Aconogonon chlorochriseum* – в Чарской котловине; *Vicia tsydenii* в бассейне р. Селенги; *Oxytropis bargusinskensis* и *Aconogonon bargusinskense* в Баргузинской котловине. Помимо эндемичных видов в составе ценозов в бассейне Селенги встречаются облигатные псаммофиты с широким ареалом, выходящим далеко за пределы Западного Забайкалья: *Aconogonon sericeum*, *Artemisia xylorhiza*, *A. xanthochroa*, *Festuca dahurica* и *Ulmus pumila*.

Широкий географический ареал, охватывающий серию природных широтных зон – от степной до таежной, изолированность песчаных массивов, их значительная удаленность друг от друга, резко контрастирующая по составу флоры окружающая фоновая растительность, а также значительное число узкоэндемичных видов обуславливают высокое фитоценотическое своеобразие псаммофитной растительности Байкальской Сибири. Описанные растительные сообщества характеризуются значительным разнообразием – 22 ассоциации, относящиеся к 3 союзам, одному порядку и классу. А система союзов отражает географическую дифференциацию псаммофитной растительности.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (№ гос. регистрации АААА-А17-117012610052-2).

Литература

- Баженова О. И., Любцова Е. М., Рыжов Ю. В., Макаров С. А. Пространственно-временной анализ динамики эрозийных процессов на юге Восточной Сибири. Новосибирск, 1997. 208 с.
- Вика С., Козырева Е. А., Тржцинский Ю. Б., Щипек Т. Острова Ярки на Байкале пример современного преобразования ландшафтов. Отв. ред. А. Т. Янковский. Иркутск; Сосновец, 2006. 69 с.
- Вика С., Овчинников Г. И., Снытко В. А., Щипек Т. Эоловые фации восточного побережья Байкала. Иркутск, 2002. 56 с.
- Вика С., Снытко В., Щипек Т. Ландшафты подвижных песков острова Ольхон на Байкале. Иркутск, 1997. 63 с.
- Выркин В. Б. 2010. Эоловое рельефообразование в Прибайкалье и Забайкалье // География и природные ресурсы. № 3. С. 25–32.
- Дулепова Н. А. Растительность песчаных побережий озера Байкал (Республика Бурятия, Иркутская область) // Растительность России. 2016. № 29. С. 46–66. DOI: [10.31111/vegus/2016.29.46](https://doi.org/10.31111/vegus/2016.29.46)
- Дулепова Н. А., Королук А. Ю. Растительность развееваемых песков и песчаных степей нижней части бассейна р. Селенга (Республика Бурятия) // Растительность России. 2015. № 27. С. 78–95. DOI: [10.31111/vegus/2015.27.78](https://doi.org/10.31111/vegus/2015.27.78)
- Дулепова Н. А., Королук А. Ю. Облигатная фракция псаммофитной флоры Сибири // Растительный мир Азиатской России. 2012. № 2 (10). С. 101–107.
- Дулепова Н. А., Королук А. Ю. Растительность развееваемых песков Верхнечарской котловины (Забайкальский край) // Растительность России. 2013. № 22. С. 29–38. DOI: [10.31111/vegus/2013.22.29](https://doi.org/10.31111/vegus/2013.22.29)
- Иванов А. Д. Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ, 1966. 230 с.
- Проблемы экзогенного рельефообразования. М., 1976. 452 с.

- Щипек Т., Вика С., Снытко В. А., Буянтуев А. Б. Фации развеваемых песков Чикой-Селенгинского междуречья в Западном Забайкалье. Иркутск, 2000. 71 с.
- Щипек Т., Вика С., Снытко В. А., Овчинников Г. И., Намзалов Б. Б., Дамбиев Э. Ц. Эоловое урочище Манхан-Элысу в Забайкалье. Иркутск; Улан-Удэ, 2005. 61 с.
- Brzeg A., Wika S. An endemic psammophilous plant association *Astragalo olchonensis-Chamaerhodetum grandiflorae* ass. nova from Olchon island on lake Baikal and its syntaxonomic position // Polish Botanical Journal. 2001. V. 46 (2). P. 219–227.
- Chytrý M., Pešout P., Anenchonov O. A. Syntaxonomy of vegetation of Svjatoj Nos Peninsula, Lake Baikal 1. Non forest communities // Folia geobotanica et phytotaxonomica. 1993. V. 28 (3). P. 225–336. DOI: [10.1007/BF02853303](https://doi.org/10.1007/BF02853303)
- Hilbig W., Koroljuk A. Ju. Sanddünenvegetation im Uvs-nuur-Becken (Mongolei und Tuwa/Russland) // Feddes Repertorium. 2000. V. 111 (1–2). S. 29–37. DOI: [10.1002/fedr.20001110106](https://doi.org/10.1002/fedr.20001110106)

РЕДКИЕ ВИДЫ ГРИБОВ-МАКРОМИЦЕТОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Дунаев А. В., Дунаева Е. Н., Коротких А. С.,
Курской А. Ю., Зеленкова В. Н.

*Ботанический сад Белгородского государственного
национального исследовательского университета, Белгород, Россия*

RARE SPECIES OF FUNGI-MACROMYCETES OF THE BELGOROD REGION

Dunaev A. V.¹, Dunaeva E. N.², Korotkih A. S.³,
Kurskoy A. Yu.⁴, Zelenkova V. N.⁵

¹*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: [0000-0002-9058-7778](https://orcid.org/0000-0002-9058-7778)*

²*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: [0000-0001-9568-6065](https://orcid.org/0000-0001-9568-6065)*

³*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: [0000-0002-2483-6334](https://orcid.org/0000-0002-2483-6334)*

⁴*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: [0000-0002-8400-0694](https://orcid.org/0000-0002-8400-0694)*

⁵*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: [0000-0002-5191-7359](https://orcid.org/0000-0002-5191-7359)*

Corresponding e-mail: Dunaev_A@bsu.edu.ru

Summary: as a result of the research carried out on the territory of Belgorod region, 13 species of rare fungi-macromycetes were found, recommended for inclusion in the regional Red Data Book. 10 species are assigned a category and status III / 3 (NT) – Near Threatened; 3 species – IV / 4 (DD) – Data Deficient.

Keywords: rare species, macromycetes, Red Data Book

Введение

Разнообразие видов и форм живых организмов, составляющих природные сообщества, – итог длительной эволюции живой природы. Это разнообразие не ради разнообразия, это следствие гармонизации отношений между живыми организмами и средой их совместного обитания. Общество и Природа с некоторых пор вошли в непримиримый конфликт, и хотя понимание серьезности ситуации овладевает умами представителей прогрессивно настроенного человечества, цивилизация продолжает неумолимое наступление на природу. Сокращается число пригодных местообитаний, нарушаются естественные режимы функционирования сообществ, сужаются и разрываются ареалы. Для многих подверженных внешнему влиянию видов это грозит катастрофическими последствиями. Они исчезают из состава сообществ. Сообщества при этом обедняются и упрощаются и при дальнейшем натиске цивилизации могут деградировать необратимо. Уязвимые, редкие и исчезающие виды становятся таковыми преимущественно по вине человека и выступают своеобразными индикаторами хрупкого равновесия в природе. Поэтому приобретают особую важность мероприятия по выявлению и изучению уязвимых, редких и исчезающих видов в составе туземных сообществ, отслеживанию

состояния их популяций, выработке рекомендаций по их сохранению и восстановлению. На основе результатов подобных мероприятий и составляются Красные книги, отражающие ситуацию с редкими видами флоры и фауны. На местном уровне – это Красные книги субъектов РФ. В данном, конкретном случае – Красная книга Белгородской области.

Среди редких видов природных сообществ Белгородской области свое место занимают грибы-макромицеты – представители микофлоры, имеющие крупные плодовые тела и выполняющие в сообществах важные экологические функции. В первом издании Красной книги Белгородской области (2005) в список редких и исчезающих видов грибов были занесены: ежевик (ежовик, гериций) коралловидный *Hericium coralloides* (Scop.) Pers., 1794; гирипор каштановый – *Gyroporus castaneus* (Bull.: Fr.) Quél., 1886; сетконоска сдвоенная – *Phallus duplicatus* Bosc, 1811 (= *Dictyophora duplicata* (Bosc) E. Fisch.). С того времени прошло более 10 лет, и в процессе проводимых исследований накопились новые данные о редких видах грибов, нуждающихся в охране.

Целью проведенных за прошедшие годы исследований являлось составление кадастра (реестра) редких грибов-макромицетов, для дальнейшего использования его в издании обновленной Красной книги Белгородской области.

Задачи ставились следующие:

1. Выявить редкие виды грибов в природных сообществах Белгородской области;
2. Описать и отследить их численность в найденных местообитаниях;
3. Оценить статус их редкости и выработать рекомендации по их охране.

Материалы и методы

Планомерные исследования проводились в 2009–2018 гг. в урбо-, агро- и биоценозах с охватом не менее чем половины административных районов Белгородской области. Исследования проводились согласно методическим рекомендациям (Методические рекомендации..., 2006).

Результаты и их обсуждение

Благодаря проводимым в последнее десятилетие исследованиям видового состава микобиот отдельных урочищ с охватом не менее чем половины административных районов Белгородской области, список редких видов грибов был уточнен и дополнен. Следует заметить, что расширение списка редких грибов области, нуждающихся в охране, скорее результат более планомерного и пристального изучения местной микофлоры, нежели результат бесхозяйственного вмешательства человека, и это обнадеживает.

Для нового издания Красной книги Белгородской области подготовлен обновленный список редких видов грибов, нуждающихся в охране. В основной список видов, подлежащих охране на территории Белгородской области, добавлены 11 видов грибов-макромицетов, относящихся к 11 семействам, 6 порядкам и 2 отделам: *Morchella steppicola* Zerova, *Tuber aestivum* Vittad., *Pseudoboletus* (= *Xerocomus*) *parasiticus* (Bull.) Šutara, *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray., *Polyporus umbellatus* (Pers.), *Buglossoporus* (= *Piptoporus*) *quercinus* Kotl. & Pouzar, *Phallus impudicus* L., *Amanita strobiliformis* (Paulet ex Vittad.) Bertill., *Calvatia gigantea* (Batsch) Lloyd (= *Langermannia gigantea* (Pers.) Rosth., *Geastrum fornicatum* (Huds.) Hook.

9 видам, из добавленных 11, присвоены категория и статус III / 3 (NT) – редко встречающиеся виды / «Находящийся в состоянии, близком к угрожаемому» – Near Threatened (NT); 2 видам – IV / 4 (DD) – виды редко встречающиеся, но с неопределенной категорией (недостаточно данных) / «Недостаток данных» – Data Deficient (DD). Для двух видов,

включенных в предыдущую Красную книгу Белгородской области (2005), были пересмотрены положение, категория и статус.

Так, что касается *Dictyophora duplicata* (= *Phallus duplicatus*), то статус этого вида не подтвержден. В пределах Евразии этим видом ошибочно определяли гриб, который на самом деле является разновидностью *Phallus impudicus* var. *pseudoduplicatus* (Kreisel, 1996). Для *Phallus impudicus* из Европы описано несколько разновидностей с сеточкой разной степени развитости, но все они представляют один широко распространенный и обычный вид (Kreisel, 1996).

Также изменены категория и статус для *Hericium coralloides*. Если в списке редких видов предыдущей Красной книги Белгородской области (2005) этот вид значился с категорией и статусом III – редкий вид (КК Белгородской обл., 2005), то в настоящем ему присвоены категория и статус IV / 4 (DD) – вид редко встречающийся, но с неопределенной категорией (недостаточно данных).

Заключение

Таким образом, в новое издание Красной книги Белгородской области рекомендованы к занесению 13 видов грибов, относящихся к 12 семействам, 6 порядкам и 2 отделам. 10 видам присвоены категория и статус III / 3 (NT) – редко встречающиеся виды / «Находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому» – Near Threatened (NT); 3 видам – IV / 4 (DD) – виды редко встречающиеся, но с не определенной категорией (недостаточно данных) / «Недостаток данных» – Data Deficient (DD).

Литература

- Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Официальное издание. Науч. ред. А. В. Присный. Белгород, 2005. 532 с.
- Методические рекомендации по ведению Красной книги субъекта Российской Федерации: инструктивное письмо МПР России № 02-12-53/5987 от 27 июля 2006 г. 20 с.
- Kreisel H. L. A preliminary survey of the genus *Phallus* sensu lato // Czech mycol. 1996. V. 48 (4). P. 273–281.

**СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ
ЗАПАСОВ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ И ИНДЕКСА NDVI
В СТЕПНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА
«БУРТИНСКОЙ СТЕПИ» ГПЗ «ОРЕНБУРГСКИЙ»)**

Дусаева Г. Х., Дусаева Н. В., Ряхов Р. В.

Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

**COMPARISON OF SEASONAL DYNAMICS DATA
OF ABOVE-GROUND PHYTOMASS STOCKS
AND NDVI INDEX IN STEPPE PHYTOCENOSES
(ON THE EXAMPLE OF THE «BURTINSKY STEPPE» SECTION
OF THE ORENBURG STATE NATURE RESERVE)**

Dusaeva G., Dusaeva N., Ryakhov R.

*Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg, Russia*

Corresponding e-mail: 16Guluy@mail.ru

Summary: the article presents the results of studies of seasonal dynamics of above-ground phytomass stocks and comparison of their dynamics with respect to the dynamics of NDVI values.

Keywords: NDVI, seasonal dynamics of stocks of above-ground phytomass

Запасы надземной фитомассы и их динамика являются достаточно универсальным и точным критерием для сравнительной оценки фитоценозов (Овчарова, Терехина, 2014). В то же время очень широкое распространение получили методы дистанционного зондирования, в частности вегетационные индексы, которые характеризуют фотосинтетическую активность фитомассы. NDVI – один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач количественной оценки растительного покрова. Для получения объективной информации о состоянии растительного покрова степей с использованием данных космических снимков необходимо сопряжение данных полевых и дистанционных исследований.

Исследования проводили на участке «Буртинская степь» Госзаповедника «Оренбургский» в Беляевском районе Оренбургской области. Участок площадью 45 км² расположен в пределах восточной части Предуральяского краевого прогиба (Чибилев, 1996). В ботанико-географическом отношении этот заповедный участок расположен в подзоне разнотравно-дерновиннозлаковых Заволжско-Казахстанских степей (Огуреева, 1999, Сафронова, Калмыкова, 2012). Наблюдения за растительным покровом проводили в течение двух вегетационных сезонов 2015–2016 гг. Для проведения исследований было организовано 6 стационарных участков, расположенных на территории «Буртинской степи» и в ее охранной зоне. Выбор стационарных мониторинговых участков базировался на соображениях их доступности, разнообразия (положение в рельефе, растительный покров и пр.). Растительные сообщества на участках относились к различным группам ассоциаций двух формаций –

Stipeta zaleskii (№ 1, 2, 3, 5, 6) и *Stipeta lessingiana* (№ 4). Эти сообщества наиболее распространены на исследуемом заповедном участке (Калмыкова, 2009, 2012).

Геоботанические описания были выполнены с использованием стандартных геоботанических методик (Работнов, 1992) на постоянных пробных площадях размером 10×10 м. Учет динамики надземного растительного вещества проводили с помощью методики Н. И. Базилевич, А. А. Титляновой (1978). Укосы проводили в каждом сообществе в течение вегетационного сезона: в весенний (май), летний (июнь), позднелетний (август) и осенний (сентябрь) периоды. В каждом сообществе на площадках 0.25 м^2 в трехкратной повторности срезали растения вровень с почвой и собирали подстилку (L). В лабораторных условиях укосы разделялись на живую фитомассу (G) и ветошь (D). Запасы мортмассы вычислялись как сумма ветоши и подстилки. Надземная фитомасса сушилась до воздушно-сухого состояния и взвешивалась с точностью до 0.05 г.

Для проведения дистанционных исследований были использованы красный и ближний инфракрасный спектральные каналы со спутников серии Landsat за период с мая по сентябрь 2015 и 2016 гг. Был проведен сбор дистанционной и пространственной информации, создана картографическая основа, включающая растровые изображения, линии границы участка заповедника по данным публичной кадастровой карты. При помощи утилиты «калькулятор растров» в программном комплексе QGIS проведен расчет вегетационного индекса NDVI, который может принимать значения от -1 до 1 (Rouse et al., 1974). На заключительном этапе проведена классификация индексных изображений с градацией ступеней по 0.1, сбор статистической информации по значениям пикселей и картографическое оформление в программном комплексе ArcGIS.

Геоботанические описания показали, что общее проективное покрытие растительного покрова на каждом мониторинговом участке в течение двух лет исследования составляло 95–100 %, однако значение индекса NDVI колебалось от -1 до 0.29. По литературным данным, для травянистых сообществ значения индекса колеблются от 0.1 до 0.6 (Тулохонов и др., 2014, Шинкаренко, 2015, Рулев и др., 2016, Глазунов и др., 2019). Полученные нами данные полевых исследований и результаты анализа космоснимков не соответствуют друг другу, а отрицательные значения индекса не всегда означают отсутствие или деградацию растительного покрова. Подобные несоответствия отмечал А. С. Рулев с соавторами (2016).

Большинству полученных нами значений запасов живой надземной фитомассы соответствуют отрицательные значения индекса NDVI. Так, в наших исследованиях в августе 2015 г. значению индекса -1 соответствовал запас живой надземной фитомассы 153 г/м^2 , а общее проективное покрытие фитоценоза составляло 97–98 %.

С помощью значений вегетационного индекса NDVI часто определяют густоту растительного покрова. Значению индекса 0.7 соответствует густая растительность, 0.5 – разряженная, открытая почва, 0.02 – отрицательные значения индекса по искусственным материалам и воде (Баширова, 2019). Однако по значениям вегетационного индекса NDVI сложно судить о густоте растительного покрова, так как индекс определяется только для фотосинтезирующей части сообщества, тогда как большую часть в запасах надземной фитомассы травяных экосистем составляет мортмасса. По данным наших исследований запасы мортмассы сообществ превышали запасы живой фитомассы в 1.1–8 раз, за исключением некоторых участков в начале вегетационного периода.

Запасы живой надземной фитомассы в сообществах варьировали от 54 до 191 г/м^2 в 2015 г., от 78 до 268 г/м^2 в 2016 г., значения индекса NDVI в 2015 г. варьировали от -1 до 0.1, в 2016 г. от -0.8 до 0.29. Сезонная динамика запасов живой надземной фитомассы во всех

сообществах в течение двух лет изменялась сходным образом: они возрастали с мая по июнь, за счет активного развития доминирующих плотнодерновинных злаков (*Stipa zalesskii* Wilensky, *S. lessingiana* Trin. & Rupr, *S. capillata* L., *Festuca valesiaca* Gaudin) и разнотравья, а к концу вегетационного сезона плавно снижались, когда большая часть живой фитомассы переходила в ветошь или подстилку, достигая минимальных значений. По данным дистанционного зондирования, сезонная динамика значений NDVI приобретала максимальные значения в мае, затем снижалась в летние месяцы и вновь возрастала к сентябрю. Значения запасов живой надземной фитомассы в эти два периода (май, сентябрь) были минимальны. Таким образом, данные сезонной динамики запасов живой надземной фитомассы, полученные при полевых исследованиях, не соответствуют сезонным изменениям значений NDVI. Предположив, что мортмасса закрывает собой фотосинтезирующие части растений, особенно к концу вегетационного сезона, когда она накапливается в большом количестве, мы попробовали сравнить динамику NDVI с данными запасов мортмассы сообществ. Запасы мортмассы в сообществах варьировали от 145 г/м² до 615 г/м² в 2015 г. и от 112 г/м² до 519 г/м² – в 2016-м. Запасы мортмассы сообществ в большинстве случаев плавно увеличивались с мая по сентябрь, на некоторых площадках снижались с мая по июнь, а затем возрастали. В большинстве случаев (на всех 6 площадках в 2015 г. и на 5 из 6 площадок в 2016 г.) запасы мортмассы в течение сезона 1 раз (реже 2), чаще с августа по сентябрь, реже с мая по июнь, изменялись так же как индекс NDVI. То есть если возрастали запасы мортмассы, то возрастали и значения NDVI и наоборот. В остальные периоды эти показатели изменялись разнонаправленно, что, соответственно, могло указывать на возможность перекрытия зеленой фитомассы мортмассой.

Для оценки влияния мортмассы на показатель NDVI сравнивали динамику последнего с сезонным изменением значений $G / D + L$, предположив, что с его помощью удастся выявить роль мортмассы в перекрывании живой фитомассы. Однако общих закономерностей изменения этих показателей обнаружено не было. Изменение значений $G / D + L$ в разные месяцы вегетационного сезона на разных площадках по-разному соотносились с изменениями NDVI.

В результате исследований определено, что общее проективное покрытие, сезонная динамика запасов живой и мертвой надземной фитомассы не согласуются со значениями индекса NDVI и ходом их изменения в течение вегетационного сезона. Максимальные значения индекса не соответствуют максимальным запасам живой надземной фитомассы, а минимальные значения не являются показателями отсутствия растительного покрова. Полученные результаты не позволяют в настоящее время рекомендовать данный индекс для дистанционной оценки сезонной динамики надземной фитомассы в целом и его живой фракции в частности.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках бюджетной темы Института степи УрО РАН, грант № АААА-А17-117012610022-5.

Литература

- Базилевич Н. И., Титлянова А. А., Смирнов В. В., Родин Л. Е., Нечаева Н. И., Левин Ф. И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 185 с.
- Баширова Ч. Ф. Индекс NDVI для дистанционного мониторинга растительности // Молодой ученый. 2019. № 31. С. 30–31. URL: <https://moluch.ru/archive/269/61895/> (дата обращения: 14.02.2020).
- Глазунов Г. П., Гендугов В. М., Евдокимова М. В., Титарев Р. П., Шестакова М. В. Макроскопическая кинетика временной и пространственной изменчивости вегетационного индекса NDVI на территории заповедника «Ямская степь» в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 111–127.

- Калмыкова О. Г. Особенности растительных сообществ формации *Stipeta lessingiana* в Буртинской степи // Вестник Оренбургского государственного университета. Специальный выпуск: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экологии Южного Урала». Под ред. А. М. Русанова. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. С. 266–268.
- Калмыкова О. Г. Особенности растительных сообществ формации *Stipeta zalesskii* в Буртинской степи (госзаповедник «Оренбургский») // Степи Северной Евразии: материалы VI Международного симпозиума. Под ред. А. А. Чибилевой. Оренбург: ИПК «Газпромпресс»: Оренбурггазпромсервис, 2012. С. 349–352.
- Овчарова Н. В., Терехина Т. А. Продуктивность надземной фитомассы травяных сообществ Алтайского края в ходе восстановительной сукцессии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. Барнаул: Концепт, 2014. С. 148–152.
- Огуреева Г. Н. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: карта для высших учебных заведений. 1:8 000 000. М.: Интеграция, 1999. 2 л.
- Работнов Т. А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 350 с.
- Рулев А. С., Канищев С. Н., Шинкаренко С. С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113–123.
- Сафронова И. Н., Калмыкова О. Г. Вопросы зональности и роль заповедников в их решении // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1 (6). С. 1638–1641.
- Тулохонов А. К., Цыдыпов Б. З., Волошин А. Л., Батуева Д. Ж., Чимэддорж Ц. Пространственно-временные характеристики растительного покрова аридной и семиаридной климатических зон Монголии на основе индекса вегетации NDVI // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 2 (59). С. 19–29.
- Чибилев А. А. Степной заповедник «Оренбургский»: физико-географическая и экологическая характеристика. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 167 с.
- Шинкаренко С. С. Анализ динамики пастбищных ландшафтов в аридных условиях на основе нормализованного вегетационного индекса NDVI // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. № 1 (37). С. 1–5.
- Rouse J. W., Haas R. H., Scheel J. A., and Deering D. W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS // Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium. 1974. Vol. 1. P. 48–62. URL: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022592.pdf>

**РАЗНООБРАЗИЕ ЦИАНОПРОКАРИОТ (ЦИАНОБАКТЕРИЙ)
В ВОДОХРАНИЛИЩАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(СРЕДНИЙ УРАЛ)**

Еремкина Т. В.

*Уральский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии, Екатеринбург, Россия*

**DIVERSITY OF CYANOPROKARYOTES (CYANOBACTERIA)
IN RESERVOIRS OF THE SVERDLOVSK REGION (MIDDLE URALS)**

Eremkina T. V.

*Ural branch of the Russian Federal Research Institute
of Fisheries and Oceanography, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: tver60@mail.ru

Summary: the paper for the first time summarizes the results of original research (2000–2019) and literature data of species composition of Cyanoprokaryota of 12 reservoirs of the Sverdlovsk region. Data about cyanobacterial blooms in the studied reservoirs are given.

Keywords: Cyanoprokaryota, reservoir, Sverdlovsk region, bloom

Цианопрокариоты (цианобактерии) – разнообразная и широко распространенная группа организмов в водных экосистемах Урала. При этом степень изученности биоразнообразия цианопрокариот и особенностей их распространения в Свердловской области, как и альгофлоры в целом, остается невысокой из-за отсутствия систематических целенаправленных альгологических исследований в регионе.

На территории области насчитывается 134 водохранилища емкостью более 1.0 млн м³ (Водные ресурсы..., 2004). В настоящей работе обобщены результаты оригинальных исследований (2000–2019 гг.) и литературные данные (Васильчикова, 1971; Ярушина и др., 2003) видового состава цианопрокариот 12 водохранилищ Свердловской области (Исетское, Нижне-Тагильское, Леновское, Верхне-Тагильское, Малорефтинское, Нижне-Туринское, Верхне-Выйское (на р. Тагил), Черноисточинское, Рефтинское, Верхне- и Нижневыйское (на р. Выя), Белоярское).

За основу классификации при оценке таксономической структуры цианопрокариот (цианобактерий) принята система, используемая в альгологической базе данных Algaebase (<http://www.algaebase.org>). При эколого-географической характеристике водорослей мы основывались на данных С. С. Бариновой с соавт. (Баринова и др., 2006).

К настоящему времени общий таксономический список цианопрокариот исследуемых водохранилищ насчитывает 104 вида, разновидности и формы из 7 порядков, 19 семейств и 46 родов, что составляет 59.8 % от сводного списка известных нам цианопрокариот, идентифицированных в водоемах Свердловской области (Еремкина, 2019).

Наиболее разнообразны представители порядков Synechococcales (37 таксонов рангом ниже рода или 35.6 % сводного списка), Chroococcales (24 таксона) и Nostocales (23 таксона),

формирующие 80.8 % от общего разнообразия цианопрокариот. На долю восьми наиболее богато представленных семейств приходится 75.0 % от общего видового состава цианопрокариот (*Aphanizomenonaceae* и *Microcystaceae* – по 14 таксонов рангом ниже рода, *Merismopediaceae* – 12, *Oscillatoriaceae* – 10, *Nostocaceae* – 8, *Coelosphaeriaceae* и *Leptolyngbyaceae* – по 7, *Synechococcaceae* – 6). Доля семейств с одновидовым представительством составляет 26.3 %, что существенно ниже этого показателя для общего разнообразия цианопрокариот водоемов области (37.0 %).

На уровне рода в водохранилищах Свердловской области наиболее разнообразны представители родов *Microcystis* Kützing ex Lemmermann (13 таксонов рангом ниже рода), *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek – 9 таксонов, *Anabaena* Bory de Saint-Vincent ex Bornet & Flahault – 7, *Aphanocapsa* C. Nägeli – 6, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont – 5. Их вклад в таксономическое разнообразие цианопрокариот водохранилищ составил 38.5 %. Маловидовые роды (с 1–2 видами) в исследуемых водоемах составили 80.4 % от общего количества выявленных родов, что характерно для альгофлор водоемов бореальной зоны.

Максимальное таксономическое разнообразие цианопрокариот характерно для водохранилищ-охладителей. Так, в Белоярском водохранилище выявлено 84 таксона рангом ниже рода, в Исетском – 54, в Рефтинском – 29.

Наиболее распространены в водохранилищах области (встречаемость в ≥ 50 % исследуемых водоемов) следующие виды цианопрокариот: *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet et Flahault 1888, *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli 1849, *Aphanocapsa planctonica* (G. M. Smith) Komárek et Anagnostidis 1995, *Dolichospermum flosaquae* ([Lyngbye] Brébisson ex Bornet et Flahault) Wacklin, Hoffmann et Komárek 2009, *Limnothrix planctonica* (Wołoszynska) Meffert 1988, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846, *Microcystis pulvereae* (Wood) Forti emend Elenkin 1938, *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek 1988, *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek et Hindak 1988. Специфический комплекс видов, обнаруженных в каком-либо одном водоеме, объединил 47 таксонов рангом ниже рода (45.2 % от общего разнообразия цианопрокариот).

Эколого-географический анализ сводного списка цианопрокариот исследуемых водохранилищ показал, что среди таксонов с известным географическим распределением 67.5 % – космополиты. Доля голарктических видов составляет 20.8 %, бореальные (7.8 %) и аркто-альпийские (3.9 %) виды представлены единично. По приуроченности к местообитанию преобладают планктонные (59.5 %) и планктонно-бентосные (25.0 %) формы. Доля бентосных видов существенно меньше (9.5 %), эпифиты (2.4 %) и почвенные формы (3.6 %) представлены единичными находками. По отношению к реофильности большинство (56.5 %) видов индифферентно, местообитания со стоячими водами предпочитают 43.5 % цианопрокариот. Обитатели чистых вод (χ -, χ -о, χ - β , о-сапробионты) формируют 20.3 % от общего числа выявленных видов-индикаторов сапробиности. Виды-индикаторы органического загрязнения среды составили 79.7 %, из них 50.8 % (о- β , β -о, о- α) могут успешно вегетировать как в чистых, так и в загрязненных органикой водах, доля видов-индикаторов умеренного и высокого уровня органического загрязнения (β -, β - α , β -р, α -сапробионтов) составляет 28.9 %. Из видов – индикаторов солености преобладают индифференты (66.7 %), 27.8 % – галофилы, доля галофобов незначительна (5.5 %). По отношению к активной реакции водной среды 62.5 % от общего количества видов-индикаторов составляют индифференты, доля алкалифилов (25.0 %) и ацидофилов (12.5 %) значительно меньше.

Интенсивное развитие промышленности и сельского хозяйства во второй половине XX столетия привело к усилению антропогенного эвтрофирования водохранилищ Свердловской области, что способствовало не только повышению общего биоразнообразия фитопланктона (Еремкина, 2014; Еремкина, 2016; Еремкина и др., 2017), но и усилению активной вегетации цианопрокариот. Так, в августе 2012 г. в Черноисточинском водохранилище доля цианопрокариот в структуре общей численности фитопланктона достигала 99.36 %, в структуре общей биомассы – 74.22 %. Численность цианобактерий при этом составила 908.9 млн кл/л, биомасса – 58.57 г/м³. В Белоярском водохранилище наиболее интенсивные «синезеленые цветения» наблюдались нами в летний-раннеосенний периоды 2012–2015 гг. Максимальные показатели развития цианопрокариот в водоеме зафиксированы в июле 2015 г., когда их биомасса в Теплом заливе водохранилища составила 150.6 г/м³, численность – 2 231.6 млн кл/л.

Видовой состав цианопрокариот, формирующих доминирующий комплекс фитопланктона, различается в зависимости от степени эвтрофирования водохранилищ. Так, в Леновском водохранилище с более чистой водой в состав доминантов входят *L. planctonica* и *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komarkova-Legnerova et Cronberg 1992, в умеренно загрязненном Верхне-Выйском водохранилище (на р. Тагил) – *Aphanocapsa planctonica* (G. M. Smith) Komárek et Anagnostidis 1995, *Aphanothece elabens* (Brébisson ex Meneghini) Elenkin 1938, *M. aeruginosa*, *S. lacustris*, и, далее, по мере увеличения загрязнения: в Рефтинском водохранилище – *M. pulverea*, *S. lacustris*, *Woronichinia compacta* (Lemmermann) Komárek et Hindak 1988, *Microcystis flosaquae* (Wittrock) Kirchner 1898, в Нижне-Тагильском водохранилище – *L. planctonica*, *Aph. flos-aquae*, *Nodosilinea bijugata* (Kongisser) Perkerson & Kovácik in Perkerson et al. 2011, *Aphanothece stagnina* (Sprengel) A. Braun in Rabenhorst 1863, *P. agardhii*, *M. aeruginosa*, в Черноисточинском водохранилище – *P. agardhii*, *Aph. flos-aquae*, *D. flosaquae*, *S. lacustris*, *W. compacta*, в Белоярском водохранилище – *M. aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek in Kondrateva 1968, *Microcystis ichthyoblabe* Kützing 1843, *M. flosaquae*, *Aph. flos-aquae*.

В водохранилищах области к настоящему времени идентифицировано не менее 14 видов цианопрокариот, способных продуцировать токсины (Белякова и др., 2006). Массового развития, периодически вызывая «цветение» воды, достигают *Aph. flos-aquae*, *D. flosaquae*, *M. aeruginosa*, *P. agardhii*, что требует регулярного мониторинга состояния альгоценозов водоемов и содержания цианотоксинов в воде.

Полученные данные свидетельствуют о важной роли цианопрокариот в водохранилищах Свердловской области и необходимости дальнейшего изучения их распространения и развития в водных объектах региона.

Литература

- Барина С. С., Медведева О. В., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
- Белякова Р. Н., Волошко Л. Н., Гаврилова О. В., Гогорев Р. М., Макарова И. В., Околотков Ю. Б., Рундина Л. А. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 376 с.
- Васильчикова А. П. Фитопланктон Верхне-Тагильского водохранилища-охладителя // Труды Уральского отделения ВНИОРХ. Т. VIII. Свердловск, 1971. С. 231–235.
- Водные ресурсы Свердловской области. Под науч. ред. Н. Б. Прохоровой. ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург: АМБ, 2004. 432 с.
- Еремкина Т. В. Фитопланктон водохранилищ Среднего Урала в современных условиях // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: сборник материалов докладов III Международной

- научной конференции (24–29 августа 2014 года) / Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина. Ярославль: Филигрань, 2014. С. 143–145.
- Еремкина Т. В. Суаногросаргота Белоярского водохранилища – водоема-охладителя Белоярской АЭС (Средний Урал) // Международная научная школа-конференция «Цианопрокариоты (цианобактерии): систематика, экология, распространение» (Апатиты, 5–9 сентября 2016 г.): тезисы докладов. Апатиты, 2016. С. 67–69.
- Еремкина Т. В. Суаногросаргота (Cyanobacteria) водоемов Свердловской области (Средний Урал) // Цианопрокариоты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: материалы докладов II Международной научной школы-конференции (16–21 сентября 2019 г., Сыктывкар, Россия). Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 133–137.
- Еремкина Т. В., Изиметова М. Ф., Климова Н. Б., Силивров С. П., Цурихин Е. А., Чечулина Н. В. Экология Исетского водохранилища – водоема – охладителя Среднеуральской ГРЭС // Экология водоемов – охладителей энергетических станций: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Отв. ред. Г. Ц. Цыбекмитова. Чита: Забайкал. гос. ун-т, 2017. С. 109–117.
- Ярушина М. И., Гусева В. П., Чеботина М. Я. Видовой состав и экологическая характеристика водорослей водоема-охладителя Белоярской АЭС // Экология. 2003. № 1. С. 23–29.

КРАСНАЯ КНИГА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ: ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА

Ефимова А. А.

*Костромской государственный историко-архитектурный
и художественный музей-заповедник, Кострома, Россия*

RED BOOK OF THE KOSTROMA REGION: INTERACTIVE MAP

Efimova A. A.

*Kostroma State Historical, Architectural and Art Museum-Reserve,
Kostroma, Russia*

Corresponding e-mail: anef-lita@yandex.ru

Summary: the paper presents proposals for solving the problem of protection of rare species of vascular plants in Kostroma oblast (European Russia) during planning. A database on the distribution of rare plant species has been developed for sharing, making forecasts and making informed decisions. It contains the following fields: administrative region, geographic reference, coordinate points, habitat, year of discovery, and author of the discovery. The database is integrated on the site <http://florako.ru> as an interactive map.

Keywords: Kostroma oblast, databases, rare species vascular plants, distribution map

Одной из важных проблем, возникающих при выполнении требований по охране видов растений, занесенных в Красную книгу Костромской области, является отсутствие единой базы данных, содержащей информацию о конкретных местах их произрастания. Это приводит к тому, что при планировании хозяйственной деятельности, например, разработке лесохозяйственных регламентов, нет возможности учесть их конкретные местонахождения. Такая ситуация нередко ведет к прямому уничтожению редких видов и их местообитаний и, таким образом, невольному нарушению природоохранного законодательства. Отсутствие базы затрудняет и функционирование системы мониторинга. Вновь выявляемая информация, как правило, остается у исследователей и не доходит ни до проектировщиков, ни до управленцев.

Первая Красная книга Костромской области вышла в 2009 г. Информация о распространении 141 вида охраняемых сосудистых растений, в издании представлена очень кратко, главным образом, на уровне районов. Источниками сведений по большинству видов стали составленная в 60-х годах XX в., и в значительной мере опиравшаяся на данные начала XX века, флористическая сводка П. И. Белозёрова (Белозёров, 2008) и ряд публикаций 90-х годов XX в.

К моменту подготовки второго издания накопился значительный объем современных данных о местах произрастания редких видов. Его основу составила информация, собранная в ходе флористических исследований 2011–2019 гг., в рамках которых осуществлялся сбор флористических данных, гербаризация, фотофиксация и фиксация географических координат мест произрастания охраняемых видов. На основании накопленных данных в 2019 году на средства гранта Русского географического общества был реализован проект «Красная книга Костромской области. Интерактивная карта». В рамках проекта сформирована база данных наблюдений редких видов на территории области. Источниками информации для нее стали современные неопубликованные данные, публикации за период с 1899-го по 2018 г. и

материалы гербарных фондов (MW, LE, IBIW). В базе содержится основная информация по факту наблюдения вида в конкретной точке, аналогичная гербарной этикетке: административный район, географическая привязка, точки координат, местообитание (сообщество), год находки, автор находки. Кроме того, предусмотрен ряд полей, которые дополнительно заполняются при наличии соответствующей информации: источник публикации, место хранения гербарных образцов (гербарный фонд), численность в конкретной точке, характер популяции, угрожающие факторы, сопутствующие редкие виды. Таким образом, к моменту подготовки второго издания Красной книги информация о распространении охраняемых и нуждающихся в охране редких видов аборигенной флоры значительно расширилась.

Для возможности совместного использования, построения прогнозов и принятия обоснованных решений на основе накопленных данных база представлена в виде интерактивной карты на сайте «Флора Костромской области» (<http://florako.ru>). Данный сайт представляет собой специализированный информационный ресурс, отражающий актуальные сведения о видовом составе флоры Костромской области. В настоящее время в базу занесено 487 наблюдений 132 видов, что составляет примерно треть от общего числа известных наблюдений. Формат карты позволяет осуществлять фильтрацию и поиск данных по конкретным видам, и поиск всех известных точек охраняемых видов в пределах территории, либо административного района, либо иного, выбранного произвольно участка. Предусмотрена возможность регистрации заинтересованных пользователей (департаменты природных ресурсов и лесного хозяйства) для работы с расширенным объемом информации.

Систематическое накопление информации о точках локализации редких видов в едином ресурсе и их визуализация на карте области позволяют увидеть полную картину распространения каждого конкретного вида. Это позволит не только учитывать места произрастания редких видов в системе планирования, но и принимать более объективные решения о необходимости их охраны.

Благодарности

Автор выражает благодарность А. В. Леострину за совместное участие в полевых выездах 2015–2019 гг. и неоценимую помощь в сборе и определении материала, а также Русскому географическому обществу за финансовую поддержку проекта.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ КАДАСТРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Железнова Т. В.¹, Бородин О. И.²

¹*Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды
Республики Беларусь, Минск, Беларусь*

²*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам,
Минск, Беларусь*

STATE CADASTRES OF PLANTS AND ANIMALS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Zheleznova T. V.¹, Borodin O. I.²

¹*Ministry of Natural Resources and Environmental Protection
of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus*

²*Scientific and Practical Center of the National Academy
of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Belarus*

Corresponding e-mail: tgeolag@tut.by¹; borodinoi_zoo@mail.ru²

Summary: information is provided on the history of the establishment of State cadastres of plants and animals in Belarus. The current state of these resources and possible prospects for their development are described.

Keywords: cadastres, plants, animals, biodiversity of Belarus

Биологическое разнообразие представляет собой уникальную часть природного окружения. С целью обеспечения его сохранения, а также рационального использования необходима система контроля за состоянием отдельных параметров биоразнообразия. Одной из таких систем являются кадастры растительного и животного мира, аккумулирующие информацию о географическом распространении видов диких животных и дикорастущих растений, количественной и качественной характеристиках объектов животного и растительного мира, об экономической оценке и использовании их ресурсов.

Работы по ведению государственного кадастра животного мира начались в 1995 году после принятия Постановления Кабинета Министров Республики Беларусь от 3 февраля 1995 г. № 78 «Об утверждении Положения о порядке ведения государственного кадастра животного мира Республики Беларусь». Ведение кадастра растительного мира началось в 2004 году после утверждения Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 13 декабря 2004 г. № 1580 «Положения о порядке ведения государственного кадастра растительного мира и использования его данных».

В настоящее время, с учетом практики правоприменения и новых подходов к сбору и представлению информации об объектах животного и растительного мира, действует новое Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29 марта 2016 г. № 257 «О некоторых вопросах ведения государственных кадастров животного и растительного мира», в котором заложены правовые основы для централизованного получения данных от

пользователей объектов животного и растительного мира и предоставления им информационных услуг через различные среды доступа путем использования современной сетевой инфраструктуры.

Названные подходы позволили упростить учет поступающей информации для принятия управленческих решений по вопросам использования биологических ресурсов, а также для получения полной и достоверной информации по ресурсным видам диких животных и дикорастущих растений.

В период с 1995 года основной кадастровой документацией по животному миру являлись: государственный кадастр животного мира; книга генетического фонда; кадастровые книги охотничьих и промысловых животных; промысловых рыб и водных беспозвоночных животных; сельскохозяйственная и лесная кадастровые книги беспозвоночных животных; кадастровая книга редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных; кадастровая книга паразитических организмов; кадастровая книга особо значимых видов животных; годовые отчеты субъектов хозяйствования – пользователей животного мира и материалы контрольных учетов численности животных. Что касается кадастра растительного мира, то в период до 2016 года он состоял из 6 кадастровых книг: видов дикорастущих растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, а также подлежащих охране в соответствии с международными договорами Республики Беларусь; хозяйственно-ценных растений; видов дикорастущих растений, оказывающих вредное воздействие и (или) представляющих угрозу биологическому разнообразию, жизни и здоровью граждан; особо ценных насаждений; генетического (таксономического) фонда видов растений; растительных сообществ.

Кадастровые книги представляли собой электронные документы, содержащие кадастровую информацию об объектах растительного и животного мира. Первичная информация, содержащаяся в этих документах, была доступна лишь в пределах соответствующих ведомств.

В настоящее время государственные кадастры растительного (<http://plantcadastre.by/>) и животного мира (<http://belfauna.by/>) размещены в сети Интернет и представляют собой систему, в которой происходит обобщение данных о распространении видов, количественной и качественной характеристиках отдельных групп животных и растений, в первую очередь находящихся под особым режимом охраны, в том числе международной, или видов, имеющих практическое значение.

Ведение кадастров осуществляет Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее Минприроды), совместно с Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь (далее Минлесхоз), Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (далее Минсельхозпрод), рядом других государственных органов или организаций. Научное обеспечение ведения кадастров осуществляет Национальная академия наук Беларуси (далее НАН Беларуси), принимающая также активное участие в их наполнении и поддержании информации в актуальном состоянии. В рамках работы с кадастром НАН Беларуси осуществляет кадастровые обследования угодий путем сбора информации о наличии, распространении, видовом составе, состоянии популяций отдельных видов, их экономической оценке и использовании объектов растительного и животного мира.

В настоящее время работа с кадастром растительного мира осуществляется в рамках деятельности Сектора кадастра растительного мира при Институте экспериментальной ботаники НАН Беларуси им. В. Ф. Купревича, а также отделом мониторинга окружающей среды

Республиканского унитарного предприятия Белорусский научно-исследовательский центр «Экология». Работа с кадастром животного мира проводится в рамках деятельности Сектора мониторинга и кадастра животного мира Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам».

На основании накопленного материала проводятся анализ и оценка информации, по результатам которых готовятся аналитические материалы. В качестве примера можно указать вышедший недавно фундаментальный труд, в котором рассматриваются теоретические, методические, правовые и информационные аспекты создания кадастра растительного мира, а также приводятся результаты первичного кадастрового обследования территории Беларуси за период с 2002-го по 2017 г. (Масловский и др., 2019).

Ведение кадастров осуществляется путем внесения в базу данных информации, форма и содержание которой, а также сроки внесения определяются Минприроды по согласованию с НАН Беларуси, Минлесхозом, Минсельхозпродом и Государственной инспекцией охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь.

Информация предоставляется помимо организаций, ответственных за ведение кадастров, пользователями объектов животного мира путем внесения в соответствующие формы в электронной базе данных кадастров, размещенных в Интернете. Работа осуществляется через систему личных кабинетов.

В настоящее время в кадастр животного мира представляется следующая информация:

1) дикие животные, относящиеся к объектам охоты; 2) дикие животные, относящиеся к объектам рыболовства; 3) дикие животные, не относящиеся к объектам охоты и рыболовства.

В пределах кадастра растительного мира: 1) виды Красной книги Республики Беларусь; 2) виды, имеющие международный статус охраны; 3) лекарственные растения; 4) пищевые растения; 5) технические растения; 6) инвазивные растения; 7) интродуцированные растения; 8) ядовитые растения; 9) генетический фонд; 10) насаждения парков, ботанических памятников; 11) сообщества; 12) территории, в границах которых произрастают подлежащие охране объекты растительного мира.

Координация работ по внесению пользователями объектов животного мира информации, в том числе на основании учета численности и объемов их использования, осуществляется Минлесхозом в отношении диких животных, относящихся к объектам охоты, Минсельхозпродом в отношении диких животных, относящихся к объектам рыболовства, Минприроды в отношении диких животных, не относящихся к объектам охоты и рыболовства. Кроме того, Минприроды осуществляет общую координацию.

Данные кадастров носят преимущественно открытый характер и используются для обеспечения государственных органов, иных организаций и граждан сведениями об объектах животного и растительного мира.

Следует подчеркнуть, что применение современных технологий позволяет оперативно аккумулировать сведения об объектах животного и растительного мира, и в перспективе система ведения государственных кадастров может быть еще более усовершенствована путем внедрения программного обеспечения, адаптирующего кадастровые базы данных для отображения и менеджмента в режиме использования мобильных устройств. Кроме того, кадастровые книги генетического фонда растительного и животного мира могут в перспективе генерироваться, в том числе за счет информации, обобщаемой в базах данных, разрабатываемых в рамках деятельности академической и университетской науки (например, database-biodiv.by) либо «гражданской науки» (например, florafauna.by), что существенно расширит объем информации, используемой, в том числе, для подготовки аналитических обзоров.

Также в перспективе необходимо обеспечить включение в общий массив данных о биологическом разнообразии Беларуси всей накопленной с 1995 года в кадастровых книгах информации. Это позволит проводить анализы трендов динамики биоразнообразия за последние 25 лет и моделировать возможные пути его изменения.

Литература

Масловский О. М. и др. Государственный кадастр растительного мира Республики Беларусь. Основы кадастра. Первичное обследование 2002–2017 гг. Минск: Беларуская навука, 2019. 599 с.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭКОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ И ЕДИНИЦ ЗАПАСА КЕТЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Животовский Л. А.

Институт общей генетики РАН, Москва, Россия

DEMARCATIION OF ECOGEOGRAPHIC AND MANAGEMENT UNITS OF CHUM SALMON IN THE RUSSIAN FAR EAST

Zhivotovsky L. A.

Institute of General Genetics RAS, Moscow, Russia

Corresponding e-mail: levazh@gmail.com

Summary: we demarcate geographically ecogeographic units as a basis for management units for an economically important salmonid species – chum salmon (*Oncorhynchus keta* Walbaum, 1872). The procedure is based on zoogeographic and ecological boundaries and takes into account biological, in particular reproductive features of the species' populations.

Keywords: salmonid fish, chum salmon, population, ecogeographic unit, geography, ecology, DNA markers, species management

Для оптимизации управления природными биологическими ресурсами необходимо для каждого вида выделять единицы запаса как фрагменты данного вида, каждый из которых состоит из одной или нескольких соседних природных и/или искусственно разводимых популяций, объединенных единым планом управления их воспроизводством, промыслом, охраной.

Понятие единицы запаса относится к практической деятельности человека, учитывающей естественную популяционную структуру вида и конкретные экосистемы, в которые встроены данный вид. Подразделение вида на единицы запаса необходимо для:

- 1) оценки и регулирования промысловой нагрузки на разные единицы запаса;
- 2) прогнозирования возвратов от воспроизводства каждой из единиц запаса;
- 3) оптимизации искусственного воспроизводства: чтобы базовый водоем, из которого берут производителей, и водоем выпуска молоди отвечали одной и той же единице запаса.

Выделение единиц запаса важно, в частности, для лососевых рыб, особенно кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum, 1872), поскольку за последние два десятилетия выпуск заводской молоди кеты вырос более чем в два раза и в настоящее время кета является основным объектом пастбищного лососеводства России (Леман и др., 2015).

Чтобы эффективно управлять природными биоресурсами, единица запаса должна быть репродуктивно изолирована от других единиц запаса. Для ее выделения можно воспользоваться концепцией *экогеографической единицы* (ЭГЕ), которая определяется как группа популяций с близкими экологическими условиями, сходными морфо-физиологическими, поведенческими или иными биологическими признаками, ассоциированными с адаптациями и межпопуляционными генными потоками, с возможным обменом между собой генными

потоками, но значительно изолированная от других экогеографических единиц, что можно тестировать с помощью ДНК-маркеров (Zhivotovsky et al., 2015; Животовский, 2016, 2017). В качестве практического критерия репродуктивной изоляции между разными ЭГЕ может быть взята большая близость по ДНК-маркерам между популяцией внутри экогеографических единиц по сравнению с различиями между экогеографическими единицами.

Выделение и тестирование экогеографических единиц представляет собой двуступенчатую процедуру (см.: Животовский, 2016, 2017):

1) подразделение вида (и ареала вида) на экогеографические единицы по *маркерам среды* (география + экология вида);

2) оценка межпопуляционных различий по *ДНК-маркерам* внутри и между экогеографическими единицами для уточнения их границ.

Согласно концепции ЭГЕ (Животовский, 2016, 2017), следует разбить ареал вида на эколого-географические районы, используя характеристики местообитания, важные для изучаемого вида. Для пресноводных рыб и других гидробионтов, репродукция которых проходит в реках и озерах, экогеографические единицы следует в первую очередь выделять по характеристикам бассейнов стока рек. Водосборный бассейн – это целостная единица в организации ландшафта: он задает гидрологический режим территории, бассейны стока определяют особенности температурного режима и другие характеристики водоемов (Корытный, 2017; Мартыненко, Бочарников, 2008). Поэтому *водоразделы* между крупными озерно-речными системами являются естественными границами экосистем и составляющих их популяций и, стало быть, экогеографических единиц. Бассейновый принцип выделения ЭГЕ важен, в том числе, для проходных рыб, таких как кета и другие тихоокеанские лососи, так как пресноводный период (период развития от оплодотворенной икры до ската молоди в прибрежье) – важнейший в их онтогенезе, на него приходится основная адаптивная нагрузка и закладывается механизм хоминга. Однако водоразделы – это не единственные границы ЭГЕ. Другими границами может служить биота бассейнов, являющаяся их индикатором и средой обитания изучаемого вида гидробионтов. В этом качестве, для тихоокеанских лососей и других лососевых рыб дальневосточного региона, у которых критический период онтогенеза или вся жизнь проходят в реках и озерах, мы принимаем ихтиологическое районирование по И. А. Черешневу (1998). Наконец, для конкретного вида существуют другие границы, определяемые его биологическими особенностями, в т.ч. временем нереста, типом нерестилищ, поведением, возможными миграционными обменами. Например, для амурской и сахалинской кеты это могут быть, в частности, осенняя и летняя расы, совместно обитающие в реках Амур и Поронай (Двинин, 1959; Гриценко, 2002; Животовский и др., 2017), и другие критерии подразделения вида и его ареала.

Накладывая друг на друга указанные границы, мы получили подразделение кеты Амурского бассейна, о. Сахалин, Южных Курил, Камчатки и других регионов Дальнего Востока на «ихтио-бассейновые» зоны, в пределах которых выделяются экогеографические единицы.

Далее, в соответствии с концепцией ЭГЕ (Животовский, 2016, 2017), выделенные экогеографические единицы следует тестировать на их наследственную обособленность. Для этого мы обратились к данным по микросателлитным маркерам, которые доказали свою состоятельность для оценки генетической дифференциации кеты (Рубцова и др., 2008; Шитова и др., 2009; Животовский и др., 2010; Афанасьев и др., 2011). Генетическое тестирование подтвердило основные выделенные ЭГЕ. Выявленные экогеографические единицы можно принять в качестве основы для выделения единиц запаса кеты Дальнего Востока.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-016-00033, гостемы «Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природохозяйственной деятельности (Эколого-генетическая структура вида)» и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» (ГЗ «АААА-А18-118111590073-3»).

Литература

- Афанасьев К. И., Рубцова Г. А., Шитова М. В. и др. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* российского Дальнего Востока, выявленная по микросателлитным маркерам // Биология моря. 2011. Т. 37. № 1. 39–47.
- Гриценко О. Ф. Проходные рыбы острова Сахалин. Систематика, экология, промысел: монография. М.: ВНИРО, 2002. 248 с.
- Двинин П. А. Лососи Сахалина и Курил. М.: Главн. госинспекция по охране рыбных запасов и регул. рыболовства при Совете Мин. СССР, 1959. 37 с.
- Животовский Л. А. Популяционная структура вида: Эко-географические единицы и генетическая дифференциация популяций // Биология моря. 2016. Т. 42. С. 323–333.
- Животовский Л. А. Две ветви исследований популяционной структуры вида – экологическая и генетическая: история, проблемы, решения // Генетика. 2017. Т. 53. С. 1244–1253.
- Животовский Л. А., Лапшина А. Е., Михеев П. Б. и др. Дивергенция сезонных рас кеты (*Oncorhynchus keta*) рек Амур и Поронай: Экология, генетика, морфология // Биология моря. 2017. Т. 43. С. 284–292.
- Животовский Л. А., Рубцова Г. И., Шитова М. В. и др. База микросателлитных ДНК-данных по кете Дальнего Востока России // Шунтов В. П. (ред.). Реализация «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИНРО-центр. Бюл. № 5. 2010. С. 53–63.
- Корытный Л. М. Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 5–16.
- Леман В. Н., Смирнов Б. П., Точилина Т. Г. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Труды ВНИРО. 2015. Т. 153. С. 105–120.
- Мартыненко А. Б., Бочарников В. Н. Экологическое районирование Дальнего Востока // Известия РАН. Сер.: Географ. 2008. № 2. С. 76–84.
- Рубцова Г. И., Афанасьев К. И., Малинина Т. В. и др. Дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) по микросателлитным и аллозимным маркерам: сравнительный анализ // Генетика. 2008. Т. 44. № 7. С. 964–971.
- Черешнев И. А. Биогеография пресноводных рыб Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1998. 131 с.
- Шитова М. В., Афанасьев К. И., Рубцова Г. А. и др. Микросателлитная изменчивость заводских популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) о. Сахалин // Вопросы рыболовства. 2009. Т. 10. № 1. С. 102–115.
- Zhivotovsky L. A., Yurchenko A. A., Nikitin V. D. et al. Eco-geographic units, population hierarchy, and a two-level conservation strategy with reference to a critically end angered salmonid, Sakhalin taimen *Parahucho perryi* // Conservation Genetics. 2015. V. 16. P. 431–441.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА
И МАТЕРИАЛОВ ЛЕСОУСТРОЙСТВ
ДЛЯ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ
НА ЗАПАДНОМ МАКРОСКЛОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА**

Жигунова С. Н.¹, Широких П. С.¹, Михайленко О. И.², Федоров Н. И.¹

¹*Уфимский Институт биологии РАН, Уфа, Россия*

²*Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия*

**USING A DIGITAL RELIEF MODEL AND FORESTRY MATERIALS
FOR ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF PLANT COMMUNITIES
ON THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTHERN URALS**

Zhigunova S. N.¹, Shirokich P. S.², Mikhaylenko O. I.³, Fedorov N. I.⁴

¹*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-7129-8292*

²*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0003-1864-4878*

³*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0001-5835-9145*

⁴*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-0167-7449*

Corresponding e-mail: Zigusvet@yandex.ru

Summary: based on the results of ecological-floristic classification, forest inventory maps, and remote sensing data, a method was developed for classifying the vegetation of polygons corresponding to sections on forest plans. A GIS map of forest vegetation of the central part of Southern Urals was created.

Keywords: digital elevation model, remote sensing date, forest vegetation, Southern Urals

Введение

Облик современных лесных сообществ западного макросклона и центрально-возвышенной части Южного Урала (ЮУ) сформировался под влиянием климатических изменений и смен доминирования древесных пород в результате частых рубок (сокращение участия дуба в древостое широколиственных лесов, и сосны – в сложных сосняках и т.д.), а также распространения «голландской болезни», повреждающей ильм и вяз (Горчаковский, 1968). В результате леса исследуемой территории отличается большая мозаичность древесного яруса, при которой доминантами в одной ассоциации могут выступать различные породы, что усложняет дифференциацию сообществ по древесному составу. Это существенно усложняет сопоставление участков лесной растительности и синтаксонов эколого-флористической классификации по составу древостоя и его характеристикам. В значительной степени ситуация может быть улучшена при использовании данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и

цифровой модели рельефа (ЦМР). Цель данной работы – комплексное использование материалов лесоустройств, цифровой модели рельефа и данных дистанционного зондирования Земли для создания ГИС-карты лесной растительности, охарактеризованной в системе единиц эколого-флористической классификации.

Материалы и методы

Территория проведения исследований – центральная часть горно-лесной зоны ЮУ, расположенная между 53°15' и 54°03' с. ш. и 56°40' и 58°00' в. д. Для оценки синтаксономического разнообразия лесов этой территории использовано 485 геоботанических описаний, выполненных в течение полевых сезонов 2012–2019 гг. Использовались стандартные геоботанические методы описания растительности (Миркин, Наумова, 1998), а для синтаксономического анализа – база данных геоботанических описаний и разработанная классификация условно-коренных лесов ЮУ (Продромус..., 2012).

Для уточнения границ зон растительности изучаемой территории использовались космоснимки Sentinel-2 (<https://www.copernicus.eu/en/access-data>). При расчете основных характеристик рельефа использовалась цифровая модель рельефа STRM 1arc_V3 с сайта «USGS» (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Привязка растровых изображений планов лесонасаждений и создание ГИС-карт проводились в свободном программном обеспечении QGIS 2.18.

Результаты и их обсуждение

На основе использования результатов эколого-флористической классификации, картографических материалов лесоустройств и данных ДЗЗ (космоснимков высокого разрешения и ЦМР) разработаны подходы к созданию ГИС-карты растительности, которые включают следующие этапы:

1) привязку и оцифровку картографических материалов планов лесонасаждений, с включением в атрибутивную таблицу шейп-файла данных каждого контура о составе древостоя, бонитете, типе леса и т.д.;

2) разделение территории на относительно гомогенные зоны, в пределах которых возможно использование характеристик рельефа для пространственной дифференциации преобладающих синтаксонов лесной растительности, с использованием данных материалов лесоустройств о составе лесов и данных ДЗЗ;

3) подготовку на основе ЦМР слоя растровых слоев основных характеристик рельефа, которые далее используются в качестве критериев дифференциации синтаксонов лесной растительности на ГИС-карте:

3а) расчет в программе QGIS 2.18 основных характеристик рельефа (угол уклона, экспозиция, индекс пересеченности) по ЦМР с использованием модуля «Морфометрический анализ»;

3б) создание при помощи модуля «Калькулятор растров» из исходного растрового слоя «Экспозиции» восьми растровых слоев, соответствующих сторонам горизонта (румбам): N (0–22.5°; 337.5–360°), NE (22.5–67.5°), E (67.5–112.5°), SE (112.5–157.5°), S (157.5–202.5°), SW (202.5–247.5°), W (247.5–292.5°), NW (292.5–337.5°) для оценки представленности экспозиций на участках леса, ограниченных конкретными полигонами;

3с) расчет характеристик рельефа для полигонов, соответствующих выделам на плане лесонасаждений, из полученных растровых слоев при помощи модуля «Зональная статистика»;

4) создание слоев с однотипным составом древесного яруса в пределах каждой зоны (для широколиственных лесов – по доминированию древесных пород);

5) анализ бонитета древесных видов и характеристик рельефа полигонов на полученных слоях, а также их сопоставление с синтаксонами лесной растительности на участках леса, где

выполнялись геоботанические описания. Особое внимание уделяется углу уклона, частоте встречаемости румбов экспозиции и индексу пересеченности рельефа, а также высокому и низкому бонитету;

б) анализ связи синтаксонов эколого-флористической классификации и лесохозяйственных типов и принятие решения по отнесению растительности полигонов к синтаксонам эколого-флористической классификации.

Использование вышеописанного подхода позволило разделить территорию исследования на три относительно гомогенные зоны и создать ГИС-карту лесной растительности, в которой каждый полигон отнесен к конкретному синтаксону эколого-флористической классификации. Широколиственные леса первой зоны представлены четырьмя ассоциациями: *Stachyo sylvaticae-Tilietum cordatae*, *Brachypodio pinnati-Tilietum cordatae*, *Brachypodio pinnati-Quercetum roboris* и *Carici macrourae-Quercetum roboris*. Сосновые леса представлены преимущественно посадками, представляющими с синтаксономической точки зрения дериватные сообщества, за исключением небольших участков низкобонитетных сосняков на крутых южных склонах ассоциации *Ceraso fruticis-Pinetum sylvestris*. Пойменные леса представлены ассоциацией *Alnetum incanae*. Во второй зоне широколиственные леса представлены ассоциациями *Stachyo sylvaticae-Tilietum cordatae* и *Brachypodio pinnati-Tilietum cordatae*, реже встречаются низкобонитетные дубняки ассоциации *Bistorto-Quercetum* и ксерофитные дубняки ассоциации *Filipendulo vulgaris-Quercetum roboris*. Редко встречаются сосняки ассоциации *Ceraso fruticis-Pinetum sylvestris*, а также экотонные сосново-широколиственные леса ассоциации *Tilio cordatae-Pinetum sylvestris*. Интразональные пойменные леса представлены ассоциацией *Alnetum incanae*. В третьей зоне доминируют сосново-березовые леса, относящиеся к девяти ассоциациям (*Ceraso fruticis-Pinetum sylvestris*, *Carici caryophylleae-Pinetum sylvestris*, *Bupleuro longifoliae-Pinetum sylvestris*, *Pyrethro corymbosi-Pinetum sylvestris*, *Myosotido sylvaticae-Pinetum sylvestris*, *Tilio cordatae-Pinetum sylvestris*, *Galio odorati-Pinetum sylvestris*, *Geo rivali-Pinetum sylvestris*, *Pleurospermo uralensis-Pinetum sylvestris*). Широколиственные леса представлены небольшими фрагментами сообществ ассоциаций *Brachypodio pinnati-Tilietum cordatae*, *Stachyo sylvaticae-Tilietum cordatae*, *Filipendulo vulgaris-Quercetum roboris* и *Bistorto majoris-Quercetum roboris*. Пойменные леса представлены сероольховыми лесами ассоциации *Ribeso nigri-Alnetum incanae* и заболоченными березняками ассоциации *Carici cespitosae-Betuletum pubescentis*.

Заключение

Предлагаемый подход может быть использован в отношении больших территорий при условии их разделения на достаточное число относительно гомогенных зон, для каждой из которых уточняется система соотнесения рассмотренных критериев.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190060-6 и при финансовой поддержке Программы Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» (проект Биоразнообразие и биоресурсы Южного Урала: мониторинг состояния, возможности использования и сохранения).

Литература

Горчаковский П. Л. Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала. Свердловск, 1968. 207 с.

- Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций).
Уфа: Гилем, 1998. 413 с.
- Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан / С. М. Ямалов, В. Б. Мартыненко, Л. М. Абрамова
и др. Уфа: АН РБ Гилем, 2012. 100 с.

О ФОРМИРОВАНИИ БАЗЫ ДАННЫХ *FOMES FOMENTARIUS* НА УРАЛЕ

Жуйкова Е. В.¹, Мухин В. А.¹, Бадалян С. М.²

¹*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

²*Ереванский государственный университет, Ереван, Армения*

ABOUT CREATING URALS' *FOMES FOMENTARIUS* DATABASE

Zhuykova E. V.¹, Mukhin V. A.¹, Badalyan S. M.²

¹*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russia Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

²*Yerevan State University, Yerevan, Armenia*

Corresponding e-mail: e.zhuykova@list.ru

Summary: the lack of data about species distributions is one of the main limiting factors in environmental and biogeographic studies. This problem also affects widespread species. The authors substantiate the need to mobilize and digitize data from herbarium collections stored at IPAE UB RAS and also talk about the resulting database.

Keywords: database, *Fomes*, Fungi, herbarium, natural history collection

Исследования в области биогеографии, экологии отдельных таксонов и биоразнообразия в целом базируются на данных о распределении видов в различных условиях среды. Однако подобные знания о большинстве организмов на Земле крайне скудны (Lomolino, 2004). Несмотря на применение новых технологий, нехватка данных все чаще рассматривается как ограничивающий фактор во многих областях фундаментальной и прикладной экологии (Beck et al., 2012, Jetz et al., 2012). Между тем большая часть существующей информации о географии, ареалах и находках разбросана по множеству источников, таким как публикации различного ранга, списки флор и коллекции. Проблема фрагментации приводит к значительным затратам времени и усилий для сбора комплексных материалов. Мобилизация данных в форме их онлайн-баз рассматривается как ключевой шаг для решения этой проблемы. Глобальная база данных об объектах биоразнообразия (GBIF; www.gbif.org) нацелена на получение подобных сведений о биоразнообразии путем сопоставления локально оцифрованных и хранимых данных через Интернет с использованием веб-сервисов.

На данный момент из-за неравномерного распределения и активности участников количество записей в GBIF зачастую не отражает реальную встречаемость видов, что может порождать сдвиг в восприятии их распространенности. Поэтому базы данных из регионов с малым количеством записей имеют большую информативность и значимость, чем дублирующиеся записи для хорошо задокументированных регионов. Усилия в данном направлении помогут достичь более полного географического охвата (Beck et al., 2013). Кроме того, рассмотрение локальных процессов, лежащих в основе изменчивости на уровне малых структурных единиц, позволит разрабатывать более точные модели в будущем, например в

условиях изменения окружающей среды (Beck et al., 2012). Для достижения обозначенных целей крайне перспективной в регионах с низкой выборкой является оцифровка частных коллекций, особое внимание в процессе которой должно быть уделено не столько количеству, сколько качеству данных (полнота, детальность, географическая привязка с высокой точностью).

Стоит отметить, что проблема нехватки данных также касается и широко распространенных видов, одним из которых является *Fomes fomentarius* (L.) Fr. (Basidiomycota, Agaricomycetes). Его массовость негативно сказывается на детальности данных при их большом количестве, что наиболее заметно при анализе литературных источников. Среди записей о повсеместности в отдельных ООПТ, административных районах и даже областях крайне редко встречаются описания конкретных находок, особенно с привязкой к координатам, биотопам и гербарным образцам (Степанова-Картавенко, 1967; Kotiranta et al., 2007). В то же время для комплексного изучения структуры вида или их комплекса необходимы гербарные данные как для глубокого анализа и статистической обработки, так и в качестве материала для морфологических, культуральных и генетических исследований.

Исходя из вышесказанного, целью нашей работы стало создание базы данных настоящего трутовика *Fomes fomentarius* (L.) Fr. на территории Урала на базе коллекций, хранящихся в Институте экологии растений и животных УрО РАН.

Для этого мы мобилизовали и оцифровали образцы из коллекции д.б.н., профессора, г.н.с. В. А. Мухина, собранной В. А. Мухиным, Е. В. Жуйковой и Н. В. Ушаковой. На данный момент в ней находится 75 гербарных образцов, собранных в период с 1994-го по 2019 г. на территориях Свердловской, Челябинской, Оренбургской областей, Республики Башкортостан и Республики Казахстан. При работе с первичным материалом нами была проделана большая работа по установлению географических привязок образцов, точности и погрешности их определения.

В итоговый массив данных также была внесена информация из коллекционного фонда Музея ИЭРиЖ УрО РАН (SVER), любезно предоставленная заведующим музея Н. Г. Ерохиным. В нем хранится 65 гербарных образцов, собранных с 1950-го по 2002 г. в Республике Башкортостан, Курганской, Свердловской, Тюменской и Челябинской областях. Материалы были собраны Е. В. Брындиной, Л. К. Казанцевой, Н. Т. Картавенко, В. А. Мухиным, А. В. Сирко, Н. Т. Степановой, М. М. Сторожевой и О. А. Храмовой.

Полученные материалы лягут в основу базы данных в формате Darwin Core, которая в дальнейшем будет опубликована в GBIF и позволит провести разноплановый анализ входящих в нее образцов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за помощь в подготовке исходных данных А. Г. Ширяеву и Н. Г. Ерохину. Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН (AAAA-A19-119031890084-6), а также частично поддержана грантом РФФИ и Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-660012.

Литература

- Степанова-Картавенко Н. Т. Афиллофоровые грибы Урала. Свердловск: РИСО УФАИ СССР, 1967. 295 с.
Beck J., Ballesteros-Mejia L., Buchmann C. M., Dengler J., Fritz S., Gruber B., Hof C., Jansen F., Knapp S., Kreft H., Schneider A.-K., Winter M., Dormann C. F. What's on the horizon of macroecology? // *Ecography*. 2012. V. 35. P. 673–683. DOI: [10.1111/j.1600-0587.2012.07364.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07364.x)

- Beck J., Ballesteros-Mejia L., Nagel P., Kitching I. J. Online solutions and the ‘Wallacean shortfall’: what does GBIF contribute to our knowledge of species’ ranges? // *Divers. Distrib.* 2013. V. 19 (8). P. 1043–1050. DOI: [10.1111/ddi.12083](https://doi.org/10.1111/ddi.12083)
- Jetz W., McPherson J. M., Guralnick R. P. Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life // *Trends Ecol. Evol.* 2012. V. 23. P. 151–159. DOI: [10.1016/j.tree.2011.09.007](https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.09.007)
- Kotiranta H., Ushakova N., Mukhin V. A. Polypore (Aphyllphorales, Basidiomycetes) studies in Russia. 2. Central Ural // *Annales Botanici Fennici*. 2007. V. 44 (2). P. 103–127.
- Lomolino M. V. Conservation biogeography. *Frontiers of Biogeography: new directions in the geography of nature*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2004. 410 p.

ОЦЕНКА И КАРТИРОВАНИЕ МЕСТООБИТАНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ RSFP

Загидуллина А.¹, Динкелакер Н.²

¹*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

²*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия*

HABITAT MAPPING AND ASSESSMENT ON THE BASE OF REMOTE SENSING USING RSFP

Zagidullina A.¹, Dinkelaker N.²

¹*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

²*National Research University of Information Technologies,
Mechanics and Optics, Saint-Petersburg, Russia*

Corresponding e-mail: asiya-z@yandex.ru

Summary: we made an attempt to implement classification of habitats and their ecological assessment regimes of the pristine forests landscape of Barents region. The watershed forests are home to one of the last and the most southern remaining populations of focal species – listed wild forest reindeer (*Rangifer tarandus*) and other vulnerable and protected species. To prepare maps for wildlife habitat assessment we mapped vegetation cover, disturbances, clearcuts and roads. The models can be used to estimate changes in expected patterns of use based on forecast changes to the landscape. With using of habitat map and database we made monetary estimation of expected damage on different scenario of forest use.

Keywords: Barents region, resource selection probability function, habitat assessment

Увеличивающийся объем лесопользования ведет к прогрессирующей утрате местообитаний редких видов, особенно требовательных к ненарушенным лесам. Результатом является значительное падение численности и фрагментация популяций уязвимых видов. Их изъятие из экосистем ведет к утрате целостности и снижению устойчивости лесных ландшафтов. Особенно острая ситуация складывается в малонарушенных лесных массивах, в отношении которых практически отсутствуют сведения о наличии популяций редких видов и их местообитаниях, соответственно, нет и ограничений на вырубку старовозрастных лесов.

При проектировании хозяйственной деятельности должны быть учтены ограничения – редкие и уязвимые виды и их местообитания в соответствии с законодательством и требованиями добровольных систем сертификации лесопользования подлежат особой охране. Однако в отношении большинства видов охрана лишь точечных местообитаний бессмысленна, а определение спектра ключевых местообитаний представляет значительную трудность. Тем не менее можно провести зонирование пригодности местообитаний для широкого спектра уязвимых видов на основании требований так называемых фокусных видов. Такие виды должны: 1) достаточно легко поддаваться учету и наблюдению; 2) нуждаться в широком спектре местообитаний; 3) являться специалистами (Lindemayer, Franklin, 2002).

В лесах Баренцева региона дикий лесной северный олень (*Rangifer tarandus*) – один из наиболее уязвимых к изменению ландшафта таежных видов, в особенности его наиболее южная красноборская популяция. Вид имеет высокую степень чувствительности при лесохозяйственном освоении территорий. Это связано с рядом жестких экологических требований вида: площадь, необходимая для устойчивого существования локальной популяции, соответствует ландшафтному (региональному) масштабу; в разное время года вид использует разные местообитания, кроме того, зверь жестко приурочен к малонарушенным лесным и лесоболотным территориям (Rettie, Messier, 2000; Mayor et al., 2009; Hornssets, Rempel, 2015). Поэтому основной угрозой популяциям лесного подвида северного оленя в Баренцевом регионе является сокращение и антропогенное изменение старовозрастных лесов (кормовых угодий и путей миграции). Основной вклад в негативное воздействие преимущественно вносит лесопользование и строительство дорог. Это ведет к снижению численности популяции как за счет прямого сокращения площади местообитаний, их фрагментации и уничтожения путей миграции, так и за счет косвенных факторов.

Оценка качества местообитаний (бонитировка) является основой определения емкости угодий исследуемой территории и основой для ее природоохранного зонирования. Для целей бонитировки классификация растительного покрова и картографирование местообитаний были проведены на двух уровнях. На ландшафтном уровне покрытие анализируемой территории было предварительно разбито на крупные классы на базе дистанционной классификации лесной растительности, полученной в результате ГЭП анализа (GAP-анализ..., 2011) и покрытия, отражающего нарушения разного возраста (Hansen et al., 2013). В качестве дополнительной информации для моделирования были подготовлены картосхемы инфраструктуры, водотоков, а также почвообразующих пород. Для характеристики типов ресурсов по единицам пространственного анализа (ресурсных единиц – гексагонов разного размера) мы использовали программу пространственного анализа (LSL) (Kushneriuk, Rempel, 2011), позволяющую оценить качество местообитаний территории на основе требований конкретного вида с разделением на гексагональные ресурсные ячейки. В рамках данных ячеек характер ресурса оценивался как доля площади с определенным типом покрытия. В модели также использовалась плотность линейных объектов, оцененная на площади гексагона. Моделирование использования и выбора ресурсов осуществлялось на основе RSPF (Resource selection probability function). Этот подход к количественной оценке использования среды обитания представляет способ формализовать знания и гипотезы о предпочтительной среде обитания и определить важные потенциальные местообитания (Johnson et al., 2004). Данный инструмент широко используется в области охраны окружающей среды для обоснованного принятия решений.

Картографирование биотопов на уровне выделов выполнялась с помощью средств QGIS и ArcGIS 10-х на основе полевых данных и ДДЗЗ (Landsat 8, Sentinel-2) с разрешением 30 м в пикселе и данных лесоустройства (2007). Для классификации были использованы наземные полевые описания с привязкой GPS, выполненные в 2013–2017 гг. (около 400 полевых наземных описаний). Эти данные использовались вместе со снимками высокого разрешения Sentinel-2. Для классификации ДДЗЗ использовался алгоритм случайного леса (RF), реализованный в QGIS, который применялся на основе обучающих последовательностей. Далее полученный растр анализировался по соотношению разных классов пикселей на повыдельном уровне на основе схемы бонитировки, предложенной В. Мамонтовым (Загидуллина, Мамонтов, 2019). Проведена интеграция экологических требований, картосхем растительных сообществ, нарушений и инфраструктуры, в результате чего были получены картосхемы сезонных местообитаний лесного северного оленя. Для территории детального зонирования была

выполнена бонитировка местообитаний для разных сезонов. Бонитировка позволила рассчитать потенциальную емкость биотопов и рекомендовать к охране кластеры ценных местообитаний на повыведельном уровне.

С помощью средств баз данных выполнена эколого-экономическая оценка неизбежного ущерба оленю с учетом зон с различной степенью негативного воздействия с использованием утвержденных такс и методик расчета вреда (Приказ МПР РФ..., 2008, 2011). Определение экономических показателей вреда животному миру (в данном случае – красноборской популяции лесного северного оленя) было проведено на основе данных о динамике ее численности, анализа современных негативных воздействий на биотопы и их зонирования по качеству и функции.

Для выработки подходов к принятию решений, направленных на снижение потерь объектов животного мира, необходим дифференцированный подход к оценке лесных территорий, учитывающий различные аспекты ценности биотопов. Мозаичность их расположения требует специального учета, который возможен только при проведении зонирования территории и последующего учета необходимости сохранения местообитаний высокой ценности и их буферных зон. Выделение ценных местообитаний и зонирование территории создают предпосылки для научно обоснованной процедуры принятия решений, что особенно актуально для территорий, покрытых малонарушенными лесными массивами с заведомо ценными местами обитания охраняемых и уязвимых видов.

Зонирование территорий является необходимым шагом для совмещения хозяйственной функции и сохранения биоразнообразия. Для этого требуются выявление и оценка значимости местообитаний (в том числе экономическая) с учетом их качества и роли. Для предотвращения фрагментации популяций редких и уязвимых видов необходима интеграция существующих ООПТ, защитных лесов и ценных кластеров старовозрастных лесных и лесоболотных ландшафтов в единую экологическую сеть с дифференцированным режимом природопользования.

Литература

- GAP-анализ: оценка репрезентативности системы ООПТ на Северо-Западе России (результаты, подложка Landsat). Кольский центр охраны дикой природы, 2011.
- Загидуллина А., Мамонтов В. Картографирование и бонитировка местообитаний лесного северного оленя на основе данных дистанционного зондирования // 4-ая Международная практическая конференция Сообщества природоохранных ГИС в России «Использование ГИС и данных дистанционного зондирования Земли для охраны природы», Национальный парк «Валдайский», Валдай, 3–5 октября 2019 г.: сборник тезисов. SCGISRussia.ru, 2019. С. 29–32. URL: https://erda.ku.dk/public/archives/75b450242dff53a11c7e21ffaf7b2d9d/Conferences/SCGIS_Russia_Conference_2019_Abstracts_Rus_Eng.pdf
- Приказ МПР РФ от 28 апреля 2008 г. № 107 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания» (с изменениями и дополнениями).
- Приказ Минприроды России от 8 декабря 2011 г. № 948 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам».
- Приказ Минприроды России от 1 августа 2011 г. № 658 «Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования».
- Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M. et al. High-resolution global maps of 21st century forest cover change // Science. 2013. V. 342. P. 850–853.

- Hornseth M. L., Rempel R. S. Seasonal resource selection of woodland caribou (*Rangifer tarandus caribou*) across a gradient of anthropogenic disturbance // Can. J. Zool. 2015. V. 94. P. 79–93.
- Johnson C. J., Seip D. R., Boyce M. S. A quantitative approach to conservation planning: using resource selection functions to map the distribution of mountain caribou at multiple spatial scales // J. Appl. Ecol. 2004. V. 41 (2). P. 238–251.
- Kushneriuk R. S., Rempel R. S. LSL: landscape scripting language. 2011. URL: www.cnfer.on.ca/SEP/lsltool/
- Lindenmayer D. B., Franklin J. F. Conserving forest biodiversity. Washington, DC: Island Press, 2002.
- Mayor S. J., Schneider D. C., Schaefer J. A., Mahoney S. P. Habitat selection at multiple scales // Ecoscience. 2009. V. 16. P. 238–247.
- Rettie W. J., Messier F. Hierarchical habitat selection by woodland caribou: its relationship to limiting factors // Ecography. 2000. V. 23. P. 466–478.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА МАССИВОВ ДАННЫХ
О ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩАХ В БИОМАХ ЕВРОПЫ**

Зайцев А. С.

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

**METHODOLOGICAL PECULIARITIES OF SPATIAL ANALYSIS
OF ORIBATID MITE DATA IN EUROPEAN BIOMES**

Zaitsev A. S.

*Severtsov Institute of Ecology and Evolution
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0001-8521-4304](https://orcid.org/0000-0001-8521-4304)*

Corresponding e-mail: andrey.zaytsev@biogeo.ru

Summary: working with complex and hyperdiverse belowground communities is a very challenging task. We tested the importance of environmental factors of different nature on the community assembly of oribatid mites (Acari: Oribatida) across European forests. The major constraints during performing such analyses are: frequent collinearity of potential predictors, multiple spatial levels if the work is performed across different biogeographic regions, and normally delay in response of oribatid species to changes of environmental parameters. We also discovered that response of oribatid species to the change of the environment is strongly dependent on their vertical distribution trait. Specifically soil dwellers are more dependent on the local scale soil abiotic properties, while surface- and litter-dwellers distribution is rather driven by the climatic and landscape history factors. This shows the need in collection and spatial harmonization of large volumes of environmental data and applying taxonomically neutral approach when making biogeographic analyses of belowground fauna distribution.

Keywords: soil biogeography, soil fauna traits, forests, environmental data, spatial scales

Анализ состава таких сложных и гиперразнообразных систем, как сообщества почвенных организмов, – чрезвычайно сложная задача. Мы проверили вклад природных факторов различного генезиса в объяснение пространственной дифференциации в сообществе панцирных клещей (Acari: Oribatida) в европейских лесах, расположенных вдоль трех трансект, две из которых лежат в Европейской России и одна на территории Западной Европы. Основными ограничениями при проведении такого анализа являются: частая коллинеарность потенциальных предикторов пространственного, множественные уровни пространственного разрешения и охвата, а также, если работа выполняется в разных биомах, то и задержка реакции видов орибатид на изменения параметров окружающей среды за счет их изолированности в почве, которая известна своей консервативностью (Криволуцкий, 1995). Мы также обнаружили, что реакция видов орибатид на изменение окружающей среды сильно зависит от их морфо-экологического типа, а именно предпочитаемого горизонта почвы. В частности, обитатели почвы в большей степени зависят от абиотических свойств почвы локального масштаба, в то время как распределение обитателей поверхности почвы и подстилки скорее обусловлено

климатическими и ландшафтными историческими факторами, в том числе индексом сухости и геологическим возрастом ландшафта. Это показывает необходимость сбора и пространственной гармонизации больших объемов данных о факторах окружающей среды, а также перспективность применения таксономически нейтрального подхода при проведении биогеографического анализа распределения подземной фауны, исследований с использованием больших массивов данных о природных условиях.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 19-05-00245.

Литература

Криволуцкий Д. А. (ред.). Панцирные клещи-орибатиды. М.: Наука, 1995.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ БОТАНИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: СИНЕРГИЯ ТРАДИЦИЙ И ИННОВАЦИЙ

Зверев А. А.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

INTEGRATED BOTANICAL INFORMATION SYSTEMS: A SYNERGY OF TRADITION AND INNOVATION

Zverev A. A.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia,

ORCID: [0000-0002-4394-4605](https://orcid.org/0000-0002-4394-4605)

Central Siberian botanic garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

Corresponding e-mail: ibiss@rambler.ru

Summary: the main aspects that must be taken into account when designing integrated botanical information systems for collecting, storing and analyzing data on vegetation cover are listed and characterized.

Keywords: database, botanical information system, phytodiversity, relevé, IBIS software

Введение

Использование компьютерных технологий для обработки данных в естественно-научных дисциплинах уже давно стало распространенной практикой. Часто это является необходимым, а нередко и критическим условием успешной реализации исследования, особенно если требуется сбор и обработка большого количества полевого или экспериментального материала, повторное его использование, привлечение данных из других источников, выполнение трудоемких вычислений и использование сложных статистических методов. Компьютерные информационные системы (ИС), основанные на базах данных (БД) описаний растительного покрова (Brulheide et al., 2019) – мощный инструмент комплексного изучения фиторазнообразия на различных уровнях его организации.

Требования к основным моментам проектирования БД формулировались ранее как на «общем» уровне (Date, 2003), так и с учетом специфики данных об окружающей среде (Page, 1995). Опыт, накопленный в процессе многолетней разработки и эксплуатации интегрированной ботанической информационной системы IBIS (Зверев, 2007; Zverev, 2012), а также критический анализ функциональности других ИС и сопутствующих аналитических компьютерных программ, позволяют нам систематизировать перечень ключевых свойств, от реализации которых зависит успешность существующих и вновь создаваемых интегрированных программных инструментов, предназначенных для менеджмента и анализа данных о растительном покрове. С необходимостью учета если не всех, то большинства аспектов, охарактеризованных далее, сталкивается на практике любой современный ответственный разработчик ИС ботанического профиля.

Сразу оговоримся: не существует однозначно правильных ответов на поставленные вопросы, нет и не может быть «оптимального» набора характеристик ИС. Решения из одной категории проблем влияют на общую функциональность и направленность программы, иногда приводят к вынужденным, «форсированным» ответам на другие вопросы. Можно лишь утверждать, что потенциальное разнообразие наборов характеристик ботанических ИС много выше того, что предлагается сейчас на рынке программных решений в области флористики, геоботаники и экологии растительных сообществ.

Ключевые аспекты функциональности ботанических ИС

Отчуждаемость. Насколько автономна ИС, нуждается ли она в постоянной поддержке разработчика, нужно ли периодически проводить какие-то сервисные манипуляции, недоступные пользователям-ботаникам? Даже если программный продукт рассчитан на «внутреннее» использование (локальный проект, разработка под конкретный грант или договорный заказ), исследования чаще будут носить коллективный характер, и надо решить вопросы: режим администрирования, способы изменения справочников и библиотек, доступность и редактируемость программного кода, возможность продолжения работы в случае ухода основных разработчиков из проекта. Максимальна степень отчуждаемости у коммерческих продуктов, что, однако, не отменяет необходимости исправления выявленных программных ошибок и уязвимостей.

Учет традиций и правил научных (в т.ч. национальных) школ. Использование устоявшейся терминологии, шаблонов, бланков, шкал – важная составляющая того, как будет принята ИС практикующими ботаниками.

Локализация. Возможность адаптации интерфейса пользователя к различным языкам, альтернатива – только русская или английская (международная) версия. Возможность локализации часто связана с предыдущим аспектом.

Универсальность против жесткой структуры данных. Аналогия полярного выбора между «набором радиодеталей» и готовым «устройством из коробки». Гибкость и новые степени свободы в конструировании структуры данных самими пользователями, плохо сказываются на эффективности их селекции и обработки. Важен разумный баланс между степенью расширяемости атрибутивного поля для адекватного отражения предметной области и надежностью ИС в целом. Этот аспект можно отразить и в плоскости такой дихотомии: эффективность обработки против удобства и скорости ввода данных.

Масштаб проектов и масштабируемость. От простого ввода и накопления локальных данных в простых таблицах до агломерирования больших наборов данных от разных авторов, где на первый план выходят задачи таксономической синхронизации, единообразной интерпретации дескриптивных атрибутов и мощные инструменты селекции.

Резервирование и восстановление данных. Встроенные механизмы резервирования с элементами автоматизации этого процесса предпочтительнее внешних.

Интерфейс пользователя. Стандартный офисный стиль (Graphical User Interface) против специализированного управления, продиктованного особенностями структур данных, отражающих специфику организации растительного покрова.

Дисциплинарный охват. Задачи, решаемые фитоценологией, классификацией растительности, флористикой, экологией сообществ, требуют дополнительных модулей и характеристик от ИС: редактора данных в табличном формате, инструментов сравнительного анализа, библиотек с таксономической иерархией, фитоиндикационных шкал, поддержки синтетических параметров сводных списков (встречаемость и активность таксонов).

Функциональная насыщенность и интегрированность. Какие именно инструменты обработки нужны под оболочкой ИС, поскольку в задачи классических ИС не входит собственно анализ данных. Отсутствие дополнительного инструментария обработки данных внутри ИС может компенсироваться экспортом наборов данных в специальных форматах для сторонних аналитических программ.

Обмен данными. Аспект связан с предыдущим пунктом. Расширенные экспортно-импортные возможности значительно повышают эффективность ИС, делая ее ядром виртуального предметно-ориентированного вычислительного комплекса.

Формат БД. Уникальный формат БД делает невозможным использование данных, накопленных в ИС, после окончания ее жизненного цикла, тогда как БД, созданная на основе внешних форматов (xBase, SQLite, MySQL и т.д.), может быть впоследствии прочитана специальными утилитами.

Вторжение в смежные предметные области. Гербарное дело, популяционная ботаника, интродукция, аутоэкологические исследования, компьютерная идентификация (в том числе политомические ключи), систематика, филогения, инкорпорирование молекулярных данных – вот неполный перечень возможной экстрадисциплинарной экспансии.

Правила и инструменты ограничения целостности данных. Их сложность напрямую связана с уровнем компетентности потенциальных пользователей ИС.

Учебное или научно-исследовательское предназначение. Большинство ИС могут выступать в двух ролях: для научных исследований и для целей образования, хотя существуют и реализации специализированного профиля.

Общая архитектура. Использование автономных (stand-alone) технологий или решений клиент – сервер.

Мобильность. Физическая (реализация для настольного компьютера/ноутбука или для планшета/смартфона) и кроссплатформенная (различные операционные системы).

Сопровождение и обучение. Качество этих компонентов особенно актуально для отчуждаемых ИС: help-подсистема (ее контекстность, объем, учебные примеры, всплывающие подсказки), мануал, учебник, обучающие видеоматериалы, курсы, тренинги.

Мультимедиа. Предусмотрено ли хранение не алфавитно-цифровых данных (фото-, видеоматериалы) и какова их функциональность.

GIS-интеграция. Прямая поддержка пространственно распределенных данных или интеграция с доступными в Сети сервисами отображения картографической информации.

Публикация в Интернете. Возможность прямого представления исходных данных и результатов их анализа в web-формате.

Стоимость разработки и эксплуатации. С этих позиций для неотчуждаемых ИС важна финансовая и временная синхронизация с основным исследовательским проектом, для отчуждаемых – широта потенциальной пользовательской аудитории.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-44-030025.

Литература

Зверев А. А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: учеб. пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.

- Bruehlheide H., Dengler J., Jiménez-Alfaro B., Purschke O., Hennekens S. M., Chytrý M., [...], Zverev A. sPlot – A new tool for global vegetation analyses // *Journal of Vegetation Science*. 2019. V. 30. № 2. P. 161–186. DOI: [10.1111/jvs.12710](https://doi.org/10.1111/jvs.12710)
- Date C. J. An Introduction to Database Systems. 8th ed. New York: Pearson, 2003. 1034 p.
- Page B. Database technologies for environmental data management // Avorius N. M., Page B. (eds.). *Environmental Informatics: Methodology and application of environmental information processing*. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 1995. P. 39–51.
- Zverev A. A. Use of equivalence classes and factor sets in the analysis of botanical data // *Contemporary Problems of Ecology*. 2012. V. 5. № 2. P. 165–173. DOI: [10.1134/S1995425512020163](https://doi.org/10.1134/S1995425512020163)

**КАЛЬЦЕОФИЛЬНАЯ ФЛОРА БОТАНИЧЕСКОГО САДА
БЕЛГОРОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Зеленкова В. Н., Курской А. Ю.,
Дунаев А. В., Дунаева Е. Н., Коротких А. С.

*Ботанический сад Белгородского государственного национального
исследовательского университета, Белгород, Россия*

**CALCIPHILLOUS FLORA OF THE BOTANICAL GARDEN
OF BELGOROD STATE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

Zelenkova V. N.¹, Kurskoy A. Yu.²,
Dunaev A. V.³, Dunaeva E. N.⁴, Korotkih A. S.⁵

¹*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-5191-7359*

²*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-8400-0694*

³*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-9058-7778*

⁴*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0001-9568-6065*

⁵*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-2483-6334*

Corresponding e-mail: zelenkova@bsu.edu.ru

Summary: chalk outcrops are a characteristic feature of the landscape of the Belgorod region. One of these ecotopes with Cretaceous outcrops is located on the territory of the Botanical garden of Belgorod State National Research University.

Keywords: chalk outcrops, flora, Red book

Территория Ботанического сада НИУ «БелГУ» входит в сеть особо охраняемых природных территорий Белгородской области, согласно «Постановлению...» (2016). Изучению флоры этого экотопа и посвящена настоящая работа.

Ниже приводится список видов, отмеченных на данной территории. Все виды в нем расположены по алфавиту, согласно (Маевский, 2014).

Acer negundo L., *Achillea millefolium* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Allium rotundum* L., *Anthemis tinctoria* L., *Artemisia absinthium* L., *A. austriaca* Jacq., **Astragalus albicaulis* DC., *A. austriacus* Jacq., *Centaurea scabiosa* L., *C. stoebe* L., *Cerasus vulgaris* Mill., **Chamaecytisus austriacus* (L.) Link, *Cornus alba* L., *Coronilla varia* L., *Cynoglossum officinale* L., *Echium vulgare* L., *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.) Cruchet, *Euphorbia seguieriana* Neck., *E. stepposa* Zoz ex Prokh., *Festuca arundinacea* Schreb., *Galium octonarium* (Klokov) Soo, *G. verum* L., *Genista tinctoria* L., *Hyoscyamus niger* L., *Hypericum perforatum* L., **Linum perenne* L.,

Lonicera tatarica L., *Melica transsilvanica* Schur., **Matthiola fragrans* Bunge, *Phlomis tuberosa* L., *Pilosella officinarum* F. W. Schultz et Sch., *Pimpinella saxifrage* L., *Plantago media* L., *Poa compressa* L., *Polygala comosa* Schkuhr, *Potentilla recta* L., *Reseda lutea* L., *Rosa canina* L., *Salvia nemorosa* L., *S. verticillata* L., *Stachys recta* L., **Stipa pennata* L., **Thymus cretaceus* Klovov et Shost., *Tragopogon dubius* Scop., *Verbascum lychnitis* L., *Veronica teucrium* L.

В результате исследования меловых обнажений территории ботанического сада был составлен список видов, встреченных нами в ходе исследования, включающий 47 таксонов. Согласно жизненным формам по И. Г. Серебрякову (1962), большинство видов представлено травянистыми поликарпиками, доля которых составляет 66.7 %. По географическому происхождению преобладают европейские виды, доля которых составляет 83.3 %. Было отмечено 6 видов (*), входящих в Красную книгу Белгородской области (2005).

Благодарности

Благодарности: авторы признательны за помощь в осуществлении данной работы д.б.н. Н. М. Решетниковой (ГБС РАН г. Москва).

Литература

- Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Официальное издание. Общ. науч. ред. А. В. Присный. Белгород, 2005. 532 с.
- Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
- Постановление правительства Белгородской области № 299-пп от 15 августа 2016 г. «Об утверждении перечней особо охраняемых природных территорий регионального значения Белгородской области».
- Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.

**ВЛИЯНИЕ РЯБИННИКА РЯБИНОЛИСТНОГО
(*SORBARIA SORBIFOLIA* (L.) A. BRAUN) НА ВИДОВОЕ БОГАТСТВО
И СОСТАВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ (СРЕДНИЙ УРАЛ)**

Золотарева Н. В., Липихина Ю. А., Подгаевская Е. Н.

*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

**IMPACT OF *SORBARIA SORBIFOLIA* (L.) A. BRAUN
ON SPECIES RICHNESS AND COMPOSITION
OF NATURAL FOREST COMMUNITIES**

Zolotareva N. V., Lipikhina Y. A., Podgaevskaya E. N.

*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: lipikhina_ya@ipae.uran.ru

Summary: invasion of non-native species *Sorbaria sorbifolia* led to decrease taxonomical diversity and species richness of natural pine forests.

Keywords: non-native species, plant community, species richness, taxonomical diversity

Введение

Сокращение биоразнообразия под влиянием инвазионных видов – одна из наиболее актуальных научных и природоохранных проблем. Особого внимания заслуживают растения-трансформеры – адвентивные виды, преобразующие естественные сообщества. Исследуемый нами адвентивный вид *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun указывается как растение-трансформер для Калужской, Брянской и Воронежской областей (Панасенко, 2013). *Sorbaria sorbifolia* – сибирско-восточноазиатский вид, интродуцированный в Европу в середине XVIII в., широко используется для озеленения (Виноградова и др., 2010; Lanta et al., 2013; Tomaszewski, 2001 и др.). Во вторичном ареале рябинник вегетативным путем образует обширные заросли в местах бывшего культивирования, в том числе в городских лесопарках и пригородных лесах (Виноградова и др., 2010). Рябинник в лесопарках г. Екатеринбурга появился в конце 1950-х годов, когда проводились массовые посадки декоративных древесных и кустарниковых растений. В Уктусском и Юго-Западном лесопарках г. Екатеринбурга нами выявлены значительные по площади заросли рябинника, сформировавшиеся под пологом сосновых лесов. Известно, что рябинник, так же как и другие адвентивные кустарники, образующие заросли, отрицательно влияет на видовое богатство и проективное покрытие травяного яруса (Lanta et al., 2013 и др.).

Цель нашего исследования – оценить изменения видового богатства и состава естественных фитоценозов под влиянием инвазии адвентивного вида *Sorbaria sorbifolia*.

Материалы и методы

Исследования осуществляли в двух лесопарках г. Екатеринбурга (56.77028°N 60.65250°E, подзона южной тайги) – Уктусском и Юго-Западном, растительность которых представлена в основном условно-коренными сосновыми лесами из *Pinus sylvestris*. Под пологом сосны местами сформировались моnodоминантные заросли рябинника, площадь которых особенно велика в Уктусском лесопарке. Нами выявлено более 10 локалитетов, каждый площадью примерно 50 × 100 м. Заросли рябинника неоднородны по высоте кустов и проективному покрытию. Поэтому выделены две зоны зарослей: центральная часть и периферия. Всего выполнено 50 геоботанических описаний (на площади 100 м²), охарактеризованы 4 типа исследованных сообществ. Сообщество № 1 (число описаний N = 12): центральная зона зарослей рябинника с наиболее высокими старыми кустами, имеющими высокое проективное покрытие (пп) (средние значения высоты 1.7 м, пп рябинника 98 %), очевидно соответствующая местонахождению исходных посадок; пп травяно-кустарничкового яруса 0–7 %. Сообщество № 2 (N = 13): более молодая периферийная зона зарослей рябинника, в которой высота кустов и проективное покрытие ниже, чем в центральной зоне (средние значения высоты 0.8 м, пп рябинника 86 %); пп травяно-кустарничкового яруса 3–50 %. Сообщество № 3 (N = 12): сосновые леса с зарослями *Rubus idaeus* (среднее пп кустарничкового яруса 65 %, высота 1 м), пп травяно-кустарничкового яруса 9–100 %, высокое обилие имеют типичные лесные и опушечно-лесные виды: *Calamagrostis arundinacea*, *Fragaria vesca*, *Pteridium latiusculum*, а также рудерально-лесной – *Urtica dioica*. Малина обыкновенная (*Rubus idaeus*) в данном исследовании рассматривается как вид местной флоры, сходный с рябинником по жизненной форме и ценотической роли. Сообщество № 4 (N = 13): фоновые сосновые леса Уктусского (N = 11) и Юго-Западного лесопарков (N = 2) различаются: для Уктусского лесопарка характерны леса с высоким обилием типичных лесных и опушечно-лесных видов в травяно-кустарничковом ярусе, пп которого 70–85 %: *Calamagrostis arundinacea*, *Vaccinium myrtillus* и др.; кустарничковый ярус (пп 1–50 %) сложен индигенными видами: *Rosa acicularis*, *R. majalis*, *Rubus idaeus* и др., а также адвентивными видами: *Cotoneaster lucidus*, *Ribes alpinum* и др. В травяном ярусе сосновых лесов Юго-Западного лесопарка (пп 40–90 %) доминируют опушечно-лесные и рудерально-лесные нитрофилы: *Glechoma hederacea*, *Urtica dioica*, *Aegopodium podagraria*. Общей особенностью всех 4 типов сообществ является выраженный подъярус высоких кустарников и деревьев второй величины, в котором присутствуют 9 адвентивных видов: *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Caragana arborescens*, *Crataegus sanguinea*, *Fraxinus excelsior*, *Malus baccata*, *Padus maackii*, *Pyrus ussuriensis*, *Ulmus laevis*, в то время как виды местной флоры представлены *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*, *Tilia cordata*, *Viburnum opulus*. Статистический анализ данных осуществлялся однофакторным дисперсионным анализом с оценкой попарных различий с помощью критерия Тьюки. Для краткости далее сообщества № 3 будем называть – заросли малины, сообщества № 4 – фоновые леса.

Результаты и их обсуждение

Видовое богатство центральной части зарослей рябинника значимо ниже, чем периферии, зарослей малины и фоновых лесов (среднее число видов на 100 м² по типам сообществ: № 1 = 12.3, № 2 = 28.9, № 3 = 49.1, № 4 = 53.9). То же наблюдается и для периферии зарослей рябинника. Не различаются между собой заросли малины и фоновые леса. Таким образом, видовое богатство центральной части зарослей рябинника в 2.4 раза меньше, чем на периферии, и в 4 раза меньше, чем в зарослях малины и фоновых лесах. В большей степени выявленные различия определяются видами травяно-кустарничкового яруса, чем древесного и

кустарникового. По видовому богатству травяно-кустарничкового яруса, как и в случае всего видового состава, типы сообществ значимо различаются между собой (среднее число видов травяно-кустарничкового яруса на 100 м²: № 1 = 5.2, № 2 = 20.2, № 3 = 38.3, № 4 = 41.2), а по видовому богатству древесного и кустарникового ярусов центральная часть зарослей рябинника значимо различается только с зарослями малины и фоновыми лесами, но не различается с периферией зарослей; периферия зарослей рябинника различается только с фоновыми лесами; заросли малины и фоновые леса между собой не различаются (среднее число древесных и кустарниковых видов на 100 м²: № 1 = 7.1, № 2 = 8.7, № 3 = 10.8, № 4 = 12.7). Анализ ценофлоры свидетельствует о значительном снижении таксономического разнообразия в центральной части зарослей рябинника как на уровне видов (число видов в ценофлоре сообщества: № 1 = 55, № 2 = 110, № 3 = 137, № 4 = 147), родов (№ 1 = 49, № 2 = 85, № 3 = 102, № 4 = 107), так и на уровне семейств (№ 1 = 31, № 2 = 40, № 3 = 49, № 4 = 47). Для каждого из четырех типов сообществ определили активность видов травяно-кустарничкового яруса как квадратный корень из произведения встречаемости вида на его среднее проективное покрытие. В травяно-кустарничковом ярусе фоновых лесов наибольшую активность имеют лесные и опушечно-лесные виды: *Calamagrostis arundinacea*, *Brachypodium pinnatum*, *Pteridium latiusculum*, *Carex digitata*, *Rubus saxatilis*, *Glechoma hederacea*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Maianthemum bifolium*. В зарослях малины кроме первых шести видов, указанных для сообщества № 4, высокую активность также имеют нитрофилы: *Aegopodium podagraria*, *Urtica dioica*. В центральной зоне зарослей рябинника всего насчитывается 34 вида, составляющих травяно-кустарничковый ярус, из которых 21 высоко активен в сообществах № 3 и 4, т. е. в основном в зарослях рябинника встречаются виды, имеющие высокое постоянство и обилие в фоновых сообществах. Особенность сообщества № 1 – присутствие пяти из семи видов папоротников, зарегистрированных в фоновых сообществах и представленных в основном тенелюбивыми видами: *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *D. filix-mas*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Pteridium aquilinum*.

Заключение

Существенное снижение видового богатства в старых зарослях рябинника соответствует информации о негативном влиянии адвентивных деревьев и кустарников на видовое богатство и разнообразие естественных сообществ, выявленное в разных регионах (Lanta et al., 2013; Veselkin, Dubrovin, 2019; Woods, 1993 и др.). Основные изменения происходят в травяно-кустарничковом ярусе, видовое богатство которого снижается не только на старых участках зарослей рябинника, но и на молодых. Таким образом, ведущим фактором формирования видового богатства является видовая принадлежность растения, образующего кустарниковый ярус. Это совпадает с результатами Ланта с соавторами (2013), показавшими определяющее значение видовой принадлежности ценозообразователя кустарниковых зарослей для параметров подчиненных ярусов, а также то, что освещенность под пологом рябинника и малины сопоставима и не объясняет изменения видового состава травянистых растений в их зарослях, так же как и такой фактор, как доступность питательных веществ. Одним из вероятных объяснений негативного воздействия рябинника на растительные сообщества может быть аллелопатия, так как известно, что надземные органы *Sorbaria sorbifolia* содержат большое количество биологически активных веществ, в том числе и токсичные химические соединения (Qu et al., 2016 и др.).

Благодарности

Полевой этап исследований выполнен в рамках госзадания Института экологии растений и животных УрО РАН № АААА-А19-119031890084-6, анализ данных – в рамках проекта РФФИ_Урал_а № 20-44-660013.

Литература

- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
- Панасенко Н. Н. Растения-«трансформеры»: признаки и особенности выделения // Вестник Удмуртского университета. 2013. Сер. 6. Вып. 2. С. 17–22.
- Lanta V., Hyvönen T., Norrdahl K. Leaf litter decomposition of nonnative shrub species in nonnative and native shrub environments: a field experiment with three *Rosaceae* shrubs // Invasive Plant Science and Management. 2015. V. 8. № 1. P. 81–89. DOI: [10.1614/IPSM-D-14-00011.1](https://doi.org/10.1614/IPSM-D-14-00011.1)
- Tomaszewski D. *Sorbaria* species cultivated in Poland // Dendrobiology. 2001. V. 46. P. 59–64.
- Qu G. W., Wu C. J., Gong S. Z., Xie Z. P., Lv C. J. Leucine-derived cyanoglucosides from the aerial parts of *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun // Fitoterapia. 2016. V. 111. P. 102–108. DOI: [10.1016/j.fitote.2016.03.015](https://doi.org/10.1016/j.fitote.2016.03.015)
- Veselkin D. V., Dubrovin D. I. Diversity of the grass layer of urbanized communities dominated by invasive *Acer negundo* // Russian Journal of Ecology. 2019. V. 50. № 5. P. 413–421. DOI: [10.1134/S1067413619050114](https://doi.org/10.1134/S1067413619050114)
- Woods K. D. Effects of invasion by *Lonicera tatarica* L. on herbs and tree seedlings in four New England forests // The American Midland Naturalist. 1993. V. 130. № 1. P. 62–74. DOI: [10.2307/2426275](https://doi.org/10.2307/2426275)

**ОСОБЕННОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
STIPA PENNATA L. НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
(СРЕДНИЙ УРАЛ)**

Золотарева Н. В., Подгаевская Е. Н.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**FEATURES OF *STIPA PENNATA* L. MORPHOMETRIC VARIABILITY
AT THE NORTHERN BORDER OF ITS DISTRIBUTION (URALS)**

Zolotareva N. V., Podgaevskaya E. N.

*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: enp@ipae.uran.ru

Summary: 10 populations of the rare species *S. pennata* has been studied at the northern border of the species range in the Urals. It has been shown that values of morphometric parameters of a population are more influenced by the ecological situation in a particular habitat, rather than by the geographical location.

Keywords: *Stipa pennata* L., northern border, periphery populations, Urals, Sverdlovsk region

Введение

Существование растений на границе ареала в форме малых изолированных популяций представляет большой интерес с точки зрения адаптации вида к экстремальным условиям, его биологической и фитоценотической устойчивости. Один из аспектов изучения адаптивных возможностей вида – выявление закономерностей изменчивости морфометрических признаков в пессимальных условиях на пределе распространения. В ряде исследований показано уменьшение значений размерных и количественных признаков растений на периферии ареала (Блинова, 2012), результаты других работ свидетельствуют о большем значении конкретной экологической обстановки по сравнению с географическим положением популяции вида (Заугольнова и др., 1993; Валуйских, Тетерюк, 2014). Особую актуальность изучение адаптивных возможностей имеет для редких и охраняемых видов, в частности для *Stipa pennata* L., ранее широко распространенного доминанта луговых степей, многие местообитания которого были уничтожены в связи с распашкой, вид внесен в Красные книги РФ (2008) и Свердловской области (2018). По территории Свердловской области проходит северный предел распространения *S. pennata*, его местонахождения немногочисленны, сконцентрированы в горной и предгорной частях Уральского хребта, где ковыль произрастает на склонах южных экспозиций по сопкам и крутым берегам рек, сложенным карбонатными, основными и ультраосновными горными породами. Всего известно 64 местонахождения *S. pennata*, основная часть (38) – в лесостепной зоне, в таежной зоне – 25 местонахождений, в том числе в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов – 15, в южной тайге – 10; самое северное местонахождение отмечено в средней тайге (Новожиловская гора по р. Тагил, 58.33°N).

Цель работы – выявить особенности произрастания *S. pennata* и закономерности варьирования морфометрических параметров на северном пределе его распространения на Урале.

Материалы и методы

Нами изучены 10 популяций *S. pennata*: 2 – в лесостепной зоне, 4 – в подзоне предлесостепных сосново-березовых лесов, 4 – в южной тайге. Самая южная популяция находится в Красноуфимской лесостепи у с. Новый Златоуст (56.22°N 58.47°E), самая северная – на границе южной и средней тайги у д. Новые Кривки (57.70°N 61.41°E). Местонахождение у д. Новые Кривки можно рассматривать как наиболее северное для Урала, где ковыль перистый еще играет роль доминанта в сообществах, сложенных степными видами. Таким образом, популяции исследованы в широтном градиенте протяженностью 160 км в меридиональном направлении, охватывающем две природные зоны. Во всех популяциях у каждой из 10 особей средневозрастного генеративного состояния измеряли длину и диаметр 10 листьев, подсчитывали число генеративных побегов и для каждого нормально развитого проводили измерения длины и диаметра, длины соцветия, подсчитывали число цветковых чешуй. Для оценки уровня связи применяли коэффициент корреляции Спирмена, для сравнения выборок – критерий Манна-Уитни и однофакторный дисперсионный анализ. Для выявления градиента комплекса факторов, благоприятствующих росту растений) рассчитывали индекс жизнеспособности популяций по размерному спектру (IVC) (Ишбирдин, Ишмуратова, 2004). Наибольшее значение индекса соответствует лучшим условиям среды.

Результаты и их обсуждение

Ранее на основании анализа 112 фитоценозов, включающих ковыль перистый на территории Свердловской области, нами показано, что в бореальной зоне по сравнению с лесостепной местообитания ковыля приурочены к более крутым и сухим склонам, а площади сообществ уменьшаются почти в 2 раза (Подгаевская, Золотарева, 2015). Мы не выявили высокого уровня связи широтного положения популяции с каким-либо из морфометрических параметров, наибольшая связь прослеживалась между широтой и длиной соцветия ($r_s = -0.39$). При этом часть морфометрических признаков имела высокую положительную связь с фитоценотическими параметрами: число видов с числом генеративных побегов ($r_s = 0.65$) и числом цветковых чешуй ($r_s = 0.61$), доля луговых и лугово-степных видов в суммарном проективном покрытии сообщества с длиной генеративного побега ($r_s = 0.68$). В связи с этим, далее для анализа материала использовали экотопический подход (Заугольнова и др., 1993). Все исследованные популяции были отнесены к одной из двух групп в зависимости от типа фитоценоза, в котором они существовали: луговые степи (7 популяций), по соотношению диагностических видов относимые нами к порядку *Brachypodietalia pinnati* Korneck 1974, и петрофитные варианты луговых степей (3 популяции), принадлежащие порядку *Helictotricho-Stipetalia* Toman 1969 класса *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soy 1947 (Золотарева и др., 2019; Zolotareva, Korolyuk, 2019).

Анализ корреляции между признаками *S. pennata* в рамках региональной популяции свидетельствует, что в наибольшей степени связаны длина листа и генеративного побега ($r_s = 0.82$), длина генеративного побега и соцветия ($r_s = 0.65$), число генеративных побегов и цветковых чешуй ($r_s = 0.57$). Все признаки вегетативной сферы и 2 признака генеративной характеризуются средним уровнем изменчивости ($CV = 13–20\%$), повышенный уровень изменчивости отмечен для диаметра побега ($CV = 21,8\%$), высокий для числа цветковых чешуй ($CV = 33,7\%$), очень высокий для числа генеративных побегов ($CV = 62,9\%$). Что совпадает с

данными И. В. Блиновой (2012), согласно которым число цветков и брактее у орхидных оказались наиболее лабильными признаками.

Нами выявлены значимые различия между популяциями, существующими в луговых (группа № 1) и петрофитных (группа № 2) степях по основным признакам вегетативной и генеративной сферы: длине листа (среднее значение № 1 = 61.1, № 2 = 50.5 см), длине генеративного побега (среднее значение № 1 = 64.5, № 2 = 54.4 см), длине соцветия (среднее значение № 1 = 10.4, № 2 = 9.3 см), числу цветковых чешуй (среднее значение № 1 = 7.6, № 2 = 6.8 экз.), числу генеративных побегов (среднее значение № 1 = 35.0, № 2 = 11.9 экз.). Все перечисленные признаки в луговых степях имели бóльшие значения по сравнению с петрофитными сообществами, а в случае числа генеративных побегов значения отличались в 3 раза. Известно, что в градиенте ухудшения условий произрастания параллельно с изменением средних значений признаков происходит изменение значения корреляции между ними (Ростова, 2002; Валуйских, Тетерюк, 2014). В случае *S. pennata* условия петрофитных степей менее благоприятны по сравнению с луговыми, уменьшение силы связи в петрофитных степях отмечено между длиной листа и генеративного побега (№ 1 $r_s = 0.82$, № 2 $r_s = 0.29$), длиной генеративного побега и соцветия (№ 1 $r_s = 0.53$, № 2 $r_s = 0.37$). Исходя из значений комплекса морфометрических признаков был определен индекс жизненности по размерному спектру особей исследованных ценопопуляций *S. pennata*: по данному показателю они разбиваются на две группы, соответствующие типам фитоценозов, в которых они существуют: наибольшие значения *IVC* отмечены в луговых степях, наименьшие – в петрофитных (среднее значение *IVC* для № 1 = 1.1, для № 2 = 0.8).

Заключение

Ранее на примере трех ценопопуляций *S. pennata*, представляющих крайние и среднюю точку рассматриваемого широтного градиента без учета ценотических условий, нами было показано уменьшение значений основных счетных и линейных признаков зрелых генеративных особей ковыля в северном направлении (Подгаевская, Золотарева, 2015). Анализ данных 10 популяций свидетельствует о том, что на значения морфометрических параметров в большей степени влияет экологическая обстановка конкретного местообитания, а не географическое положение популяции. Даже в условиях бореальной зоны, где находки ковыля единичны, он существует не только на открытых крутых каменистых склонах в петрофитных степях, но и в сообществах луговых степей, занимающих подветренные местообитания, в зимний период характеризующиеся высокой толщиной снежного покрова и в целом более благоприятными условиями для произрастания этого степного вида. Популяции двух рассматриваемых экотопов из одной географической точки значимо отличаются по всем признакам вегетативной и генеративной сферы.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № АААА-А19-119031890084-6.

Литература

- Блинова И. В. Особенности географической изменчивости ряда наземных европейских орхидных // Экология. 2012. № 2. С. 106–111.
- Валуйских О. Е., Тетерюк Л. В. Фенотипическая изменчивость *Gymnadenia conopsea* (L.) R. BR. (Orchidaceae) в краевых популяциях на известняках европейского северо-востока России // Экология. 2014. № 1. С. 30–39.

- Заугольнова Л. Б., Никитина С. В., Денисова Л. В. Подходы к оценке состояния ценопопуляций растений // Бюл. МОИП. 1993. Вып. 98. № 5. С. 100–108.
- Золотарева Н. В., Королук А. Ю., Ямалов С. М. Сообщества класса Festuco-Brometea Br.-Bl. et Tx. ex Soy 1947 Месягутовской и Красноуфимской лесостепей (Среднее Предуралье) // Растительность России. 2019. № 37. С. 29–76.
- Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М. К оценке виталитета ценопопуляций *Rhodiola iredelica* Boriss. по размерному спектру // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии. Учен. зап. КГТУ: материалы VI Всероссийского популяционного семинара. Нижний Тагил, 2004. С. 80–85.
- Подгаевская Е. Н., Золотарева Н. В. Особенности произрастания и состояние популяций *Stipa pennata* L. на северной границе распространения (Свердловская область) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 3 (31). С. 40–53.
- Ростова Н. С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 2002. 308 с. (Тр. С.-Петерб. о-ва естествоиспытателей; Сер. 1. Т. 94).
- Zolotareva N., Korolyuk A. Extrazonal steppes of forest belt on eastern macroslope of the Urals // Results and Prospects of Geobotanical Research in Siberia, BIO Web of Conferences. 2019. Vol. 16. Article 00043. DOI: [10.1051/bioconf/20191600043](https://doi.org/10.1051/bioconf/20191600043)

БАЗА ДАННЫХ О СОДЕРЖАНИИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ

Иванов Л. А.^{1,2}, Ронжина Д. А.^{1,2}, Мигалина С. В.^{1,2},
Юдина П. К.¹, Иванова Л. А.^{1,2}

¹*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

²*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

DATABASE ON THE PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS CONTENT IN PLANTS

Ivanov L. A.^{1,2}, Ronzhina D. A.^{1,2}, Migalina S. V.^{1,2},
Yudina P. K.¹, Ivanova L. A.^{1,2}

¹*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia*

²*Tyumen State University, Tyumen, Russia*

Corresponding e-mail: Leonid.Ivanov@botgard.uran.ru

Summary: a database was created on the chlorophylls and carotenoids content of the plant leaves in the steppe, forest and tundra zones with a geographic reference. The data is integrated into the international TRY Plant Trait Database and can be used to analyze the intra- and interspecific variation in pigment content over time and space and prepare publications.

Keywords: database, TRY, chlorophyll

В настоящее время, в связи с интенсивным развитием информационных компьютерных технологий огромное значение получили научные направления, связанные с разработкой, созданием и использованием разнообразных баз данных. В науке о растениях наиболее известны систематические (The Plant List, GBIF, Плантиум и др.) и молекулярно-генетические базы. В фитоэкологии большое значение имеют структурные и функциональные показатели растений и их географическое распределение. Данные о признаках растений представляют собой основу для обширной области исследований – от эволюционной биологии, экологии сообществ и функциональной экологии до сохранения биоразнообразия, управления и восстановления экосистемами, биогеографии и моделирования Земных экосистем. Для этих целей была создана база данных функциональных характеристик растений TRY Plant Trait Database (<https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>).

База данных TRY представляет собой собрание данных о разнообразных анатомических, морфологических, физиологических, биохимических и фенологических показателях растений зачастую с географической и климатической привязкой для каждого образца. В настоящий момент в базе сосредоточена информация о 2 091 черте для 279 875 видов растений из 20 953 местообитаний (Kattge et al., 2020). Всего в базе имеется почти 12 млн записей характеристик растений.

Нами в базу TRY были помещены данные о содержании в листьях растений хлорофилла *a*, хлорофилла *b*, каротиноидов и их соотношений. Данные были получены нами во

время экспедиционных исследований, проводимых на территории России и Монголии в степной, лесной и тундровой зонах. В настоящий момент всего нами в базу включены данные по 10 параметрам пигментного комплекса фотосинтетического аппарата листьев для 1 074 образца растений, принадлежащих к 385 видам растений. Часть полученных данных использована для изучения географических (Иванов и др., 2008, 2013) и сезонных (Иванов и др., 2020) закономерностей изменения пигментного комплекса растений.

Сбор и хранение данных по содержанию фотосинтетических пигментов имеет большое значение для глобального анализа географического распределения продуктивности растений. Содержание хлорофилла тесно положительно связано с максимальной скоростью карбоксилирования ($V_{c_{max}}$) – «одним из критических параметров, определяющих фотосинтетическую способность листьев» (Qian et al., 2019). На основе этого показателя проводится оценка состояния и продуктивности экосистем. В связи с этим сбор данных о внутривидовом, межвидовом, географическом, высотном и временном варьировании параметров пигментного комплекса важен для понимания глобальных и локальных экосистемных процессов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках бюджетной темы Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук, поддержанной Российским федеральным бюджетом, и гранта РФФИ № 17-29-05019.

Литература

- Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Иванова Л. А. Изменение листовых параметров как показатель смены функциональных типов степных растений вдоль градиента аридности // Физиология растений. 2008. Т. 55. С. 332–339.
- Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. Т. 60. С. 856–864. DOI: [10.7868/S0015330313050072](https://doi.org/10.7868/S0015330313050072)
- Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К., Золотарева Н. В., Калашникова И. В., Иванова Л. А. Сезонная динамика содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных и лесных растений на уровне вида и сообщества // Физиология растений. 2020. Т. 67. № 3.
- Kattge J., Bönisch G., Díaz S. et al. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access // Glob. Chang. Biol. 2020. V. 26. P. 119–188. DOI: [10.1111/gcb.14904](https://doi.org/10.1111/gcb.14904)
- Qian X., Liu L., Croft H., Chen J. C_3 plants converge on a universal relationship between leaf maximum carboxylation rate and chlorophyll content // Biogeosciences Discuss. 2019. V. 1. P. 1–18. DOI: [10.5194/bg-2019-228](https://doi.org/10.5194/bg-2019-228)

ЗАВИСИМОСТЬ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ РОДОВОГО СПЕКТРА ОТ РАЗМЕРОВ ФЛОРИСТИЧЕСКОЙ ВЫБОРКИ

Иванова А. В., Костина Н. В., Аристова М. А.

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

DEPENDENCE OF SOME PARAMETERS OF THE GENERA SPECTRUM ON THE SIZE OF A FLORISTIC SAMPLE

Ivanova A. V.¹, Kostina N. V.², Aristova M. A.³

¹*Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences,
Tolyatti, Russia,*

ORCID: [0000-0003-2467-546X](#)

²*Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences,
Tolyatti, Russia,*

ORCID: [0000-0002-8666-2130](#)

³*Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Sciences,
Tolyatti, Russia,*

ORCID: [0000-0001-6389-8485](#)

Corresponding e-mail: nastia621@yandex.ru

Summary: using the model territory as an example, the authors consider the main stages of the formation of the generic spectrum of flora depending on the increase in the number of species. With an increase in the number of species, an increase in genera and positions in the spectrum of genera occurs. Starting from 300 species, all leading genera of the flora are present in the spectrum of genera, and from 1 100 species they all move to the head of the spectrum.

Keywords: spectrum of flora genera, number of species, leading genera, tail and head of the spectrum

Проблема оценки полноты выявления флоры является немаловажным вопросом при ее исследовании, особенно при накоплении материала для сравнительного изучения. Флора как система характеризуется целым рядом признаков, которые складываются из характеристик ее компонентов. Важнейшей характеристикой является ее систематическая структура. Систематическая структура флоры считается комплексом консервативных признаков, благодаря чему они являются очень существенными (Толмачев, 1974; Шмидт, 1980). Часть из них может быть получена на основе родового спектра.

Исследование зависимости параметров родового спектра от размеров флористической выборки нами проведено на примере Сокского физико-географического района. Данная территория принадлежит провинции Высокого Заволжья лесостепной зоны (Физико-географическое..., 1964) Среднеевропейской флористической области (Толмачев, 1974).

Данные о флоре исследуемой территории представлены в виде флористических списков, каждый из которых представляет собой перечень встреченных видов в окрестностях определенного географического пункта. Флористические списки выполнены сотрудниками лаборатории фиторазнообразия Института экологии Волжского бассейна РАН за период

полевых исследований с 2003-го по 2019 г. и частично опубликованы (Иванова и др., 2011; Саксонов и др., 2013; Иванова, Бобкина, Ильина, 2011; Иванова, Васюков, 2009; Саксонов и др., 2005; Саксонов и др., 2007). Кроме того, использованы и опубликованные данные других авторов (Кудашкина, Корчиков, Плаксина, 2009; Корчикова, 2010; Ильина, Ильина, Волынцева, 2008 и др.). Все исходные списки, составленные по результатам полевых исследований, хранятся в электронной базе данных FD SUR (Аристова и др., 2018).

Всего для данной работы использовано 124 исходных флористических списка, выполненных на обследованной территории и более 100 комбинированных. Комбинированные (объединенные) списки получены путем объединения исходных, имеющих по принципу близости взаимного расположения мест полевых флористических исследований.

Для изучения параметров родового спектра необходимо построение достаточно многочисленной серии спектров, которое осуществлялось также при помощи электронной базы данных FD SUR.

Флора Сокского физико-географического района (представляет собой самый крупный комбинированный список) содержит 1 147 видов, 465 родов и 104 семейств. Головная часть родового спектра флоры Сокского физико-географического района выглядит следующим образом: *Carex*, *Galium*, *Potentilla*, *Astragalus*, *Artemisia* и *Viola*, *Salix* и *Veronica*, *Centaurea*, *Campanula* и *Euphorbia*. Для последующих позиций характерны трех- и более кратные повторы, т.е. начало хвостовой части спектра. Нами ранее был определен перечень ведущих родов для территории Самаро-Ульяновского Поволжья (*Carex*, *Galium*, *Potentilla*, *Artemisia*, *Astragalus*, *Salix*) на основании частоты их присутствия в составе первых пяти позиций родовых спектров физико-географических районов (Иванова, Костина, Аристова, 2019). Указанные ведущие роды составляют основу головной части спектра изучаемой территории и занимают несколько первых позиций.

Число видов в изученной нами совокупности флористических выборок насчитывается от 38 до 1 147. При увеличении числа видов происходит увеличение числа родов, происходит формирование родового спектра. Вначале он представляет собой фактически лишь хвостовую часть, имеющую в своем составе 2–3 позиции с многочисленными повторами, т.е. большинство родов имеет схожее количество видов. При увеличении числа видов возрастает как число позиций, так и число родов. Число родов в каждом спектре не равно числу позиций. Одну и ту же позицию (место в спектре) может занимать один род или множество родов, имея при этом одинаковое количество видов. Во всей совокупности изученных нами родовых спектров флористических выборок позиций может быть от 1 до 18, причем 8 представлены в головной части.

Роды, обозначенные нами как ведущие благодаря своей многочисленности, появляются в составе спектра достаточно рано. При объеме выборки уже от 300 видов и выше присутствуют все ведущие роды. После появления у спектра головной части, они начинают перемещаться в нее. Порядок перемещения родов в головную часть спектра может быть различным. Он зависит от экотопической характеристики (принадлежности) местности, с которой берется флористическая выборка. Чаще всего первыми могут оказываться роды *Astragalus* и *Galium* (в случае охвата степных и лесостепных сообществ) и *Carex* (в случае преобладания прибрежно-водных сообществ). Обычно позже всех в головную часть перемещается род *Salix*.

Все шесть ведущих родов перемещаются в головную часть спектра после достижения выборки объема 1 100 видов. Это происходит после выхода рода *Carex* на первое место (позицию). Очевидно, на этой стадии родовой спектр изучаемой территории может считаться сформированным полностью.

Благодарности

Работа выполнена в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук согласно тематическому плану Института экологии Волжского бассейна РАН по темам с регистрационными номерами в ЕГИСУ НИОКТР АААА-А17-117112040039-7 и АААА-А17-117112040040-3.

Литература

- Аристова М. А., Розенберг Г. С., Кудинова Г. Э., Розенберг А. Г., Иванова А. В., Васюков В. М., Костина Н. В., Саксонов С. В. База данных «Флористические описания локальных участков Самарской и Ульяновской областей» (FD SUR). Свидетельство о регистрации базы данных RU2018621983 от 12.11.2018.
- Иванова А. В., Бобкина Е. М., Ильина В. Н. К флоре памятника природы «Гора Красная» Красноярского района Самарской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20. № 3. С. 88–105.
- Иванова А. В., Васюков В. М. Материалы к флоре Красногородского лесничества Сергиевского района Самарской области // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2009. № 7. С. 185–205.
- Иванова А. В., Костина Н. В., Аристова М. А. Родовой спектр в анализе флоры Самаро-Ульяновского Поволжья // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер.: Химия. Биология. Экология. 2019. Т. 19. Вып. 2. С. 196–206. DOI: [10.18500/1816-9775-2019-19-2-196-206](https://doi.org/10.18500/1816-9775-2019-19-2-196-206)
- Иванова А. В., Сенатор С. А., Саксонов С. В., Раков Н. С. Матер. к флоре ур. Байтуган Камышлинского района Самарской обл. // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2011. № 9. С. 187–217.
- Ильина Н. С., Ильина В. Н., Волынцева А. Д. Изучение флоры памятника природы Успенская шишка: в 2 ч. Ч. 1 // Вестник Самарского педагогического университета. Естественно-географический факультет. Самара: СГПУ, 2008. Вып. 6. С. 37–41.
- Корчикова Т. А. Флористический состав памятника природы Абдул-Заводская дубрава (Самарская область) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1 (5). С. 1393–1397.
- Кудашкина Т. А., Корчиков Е. С., Плаксина Т. И. «Гора Копейка» – уникальный памятник природы Кинельских яров (Самарская область) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1 (3). С. 436–440.
- Саксонов С. В., Васюков В. М., Сенатор С. А., Иванова А. В., Раков Н. С., Горлов С. Е. Материалы к флоре Серноводского шихана и его окрестностей (Высокое Заволжье) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2013. VII: 2. С. 28–40.
- Саксонов С. В., Иванова А. В., Ильина В. Н., Раков Н. С., Силаева Т. Б., Соловьева В. В. Флора озера Молочка и его ближайших окрестностей в Самарской области (Высокое Заволжье, Сокский флористический район) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2007. №2. С. 77–98.
- Саксонов С. В., Лобанова А. В., Иванова А. В., Ильина В. Н., Раков Н. С. Флора памятника природы «Гора Зеленая» Елховского района Самарской области // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. Серия «Экология». 2005. Вып. 5. С. 3–22.
- Толмачев А. И. Богатство флор как объект сравнительного изучения // Вестник ЛГУ. 1970. № 9. С. 71–83.
- Толмачев А. И. Введение в географию растений. Л.: ЛГУ, 1974. 244 с.
- Физико-географическое районирование Среднего Поволжья. Под ред. А. В. Ступишина. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1964. 173 с.
- Шмидт В. М. Статистические методы сравнительной флористики. 1980. Л., 176 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ

Иванова Л. А.^{1,2}, Иванов Л. А.^{1,2}, Ронжина Д. А.^{1,2},
Юдина П. К.^{1,2}, Мигалина С. В.^{1,2}, Кадушников Р. М.³

¹*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

²*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

³*Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

CURRENT INFORMATION SYSTEMS IN ECO-PHYSIOLOGICAL STUDY OF PLANTS

Ivanova L. A.^{1,2}, Ivanov L. A.^{1,2}, Ronzhina D. A.^{1,2},
Yudina P. K.^{1,2}, Migalina S. V.^{1,2}, Kadushnikov R. M.³

¹*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia*

²*Tyumen State University, Tyumen, Russia*

³*Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: Ivanova.Larissa@list.ru

Summary: the use of information systems (IS) in eco-physiological studies enhances the efficiency of research and changes the research methodology. Studies on plant functional diversity demands the IS development on different stages of research – obtaining, saving and analyzing the data received. We develop IS for data obtaining on the basis of image analysis, data and digital images bases for saving, and three-dimensional computing modelling for analysis.

Keywords: plant functional traits, image analysis, data base, 3D-modelling

Современные тенденции развития научных исследований и технологий говорят о том, что уровень развития определенной области науки в ближайшее время будет определяться уровнем обработки информации. Внедрение современных информационных технологий (ИТ) в эколого-физиологические исследования растений не только повышает эффективность традиционного процесса изучения, но и меняет коренным образом методологию и технологию исследования (Théroux-Rancourt et al., 2017). Экологическая физиология растений является, прежде всего, экспериментальной наукой, где результаты исследований строго фиксируются в виде большого набора количественных данных, полученных с помощью физиологических методов в ходе многочисленных наблюдений и экспериментов. В связи с этим особое значение для фитофизиологов имеет умение работать с данными с целью извлечения научной информации. Целью информатизации (соответственно, компьютеризации) в исследованиях функционального разнообразия растений является создание эффективных систем, способствующих проведению исследований – получению, хранению и анализу полученных данных. Применение современных информационных систем (ИС) необходимо на всех этапах эколого-физиологического исследования.

1. *Получение информации.* Наиболее ярким примером ИТ, коренным образом изменившей методологию получения данных в экофизиологии растений в последние 20 лет, является компьютерный анализ изображений. Применение ИТ-анализа изображений позволяет получать широкий спектр различных количественных показателей – определение размеров (длины, ширины, площади, периметра), формы, плотности, численности и т.д. Компьютерный анализ изображений позволяет автоматизировать и многократно ускорить измерения, значительно повысить точность и объективность результатов. Нами совместно со специалистами ООО «СИАМС» (Екатеринбург) был разработан специальный анализатор морфологии и анатомии листьев растений SIAMS Mesoplant™ на основе технологии автоматического и полуавтоматического компьютерного анализа изображений (<https://siams.com/otraslevie-reshenia/siams-mesoplant/>) (Ivanova et al., 2009). Система содержит готовые модули для анализа макро-, мезо- и микроструктуры фотосинтетического аппарата растений. Данный анализатор использован для получения большого количества данных (более 300 000 записей для более 10 000 образцов растений) и его использование отражено в десятках публикаций (<https://siams.com/analizator-izobrazhenij-siams-mesoplant-na-sluzhbe-u-biologov/>; Ivanova et al., 2018; 2019; Ronzhina et al., 2010, 2019; Ronzhina, Ivanov, 2014).

2. *Хранение данных.* Наряду с классическими ботаническими БД, которые по типу являются коллекционными, в экофизиологии растений используется другой тип БД – базы данных признаков. Эти БД наиболее характерны для экспериментальных исследований и предназначены для хранения и получения доступа к данным по многократным результатам измерений во времени и пространстве функциональных параметров видов (сортов, вариантов) растений. Так, например, нами создана обширная БД количественных показателей структуры мезофилла листа более 1 000 видов растений разных климатических зон Северной Евразии. В БД представлены растения Арктики – о. Врангеля (30 видов), Субарктики – Полярный Урал (более 120 видов), бореальной и лесостепной зон Поволжья, Урала, Западной и Южной Сибири (около 300 видов), пустынь и полупустынь Центральной Азии, Казахстана и Монголии (более 400 видов), высокогорных растений Восточного и Западного Памира (более 300 видов). БД содержит информацию о мезоструктурных показателях листьев, таких как площадь и толщина листа, размеры и количество клеток и хлоропластов, а также интегральные индексы – суммарная поверхность мембран клеток и хлоропластов единицы площади листа.

Другой тип инновационных БД – база цифровых изображений, имеющих значение для физиологических исследований. Так, нами создана уникальная база цифровых изображений поперечных срезов листьев растений на платформе apps.siams.com на основе облачных технологий, разрабатываемых сотрудниками ООО «СИАМС» (Екатеринбург). Уникальность платформы состоит в неограниченном объеме хранимых изображений и возможности проведения измерений с помощью авторского анализатора изображений, встроенного в данный ресурс. В данном банке хранятся и используются изображения с разным масштабом для презентации параметров хлоропластов, клеток и тканей. ИС позволяет производить поиск изображений по заданным критериям (C₃- и C₄-растения, тип анатомии мезофилла, систематические признаки, район сбора, экологические группы, типы экологических стратегий), а также по количественным параметрам (образцы с заданной толщиной листа, размерами клеток, хлоропластов и т.д.).

3. *Анализ данных.* Созданные базы данных и цифровых изображений микроструктуры листьев используется нами для исследования общего функционального разнообразия растений Северной Евразии (Иванов и др., 2009); влияния климата на распределение растительности, анализа функциональных особенностей видов в связи с их основными эколого-биологическими

свойствами (Иванова и др., 2012; Иванова, 2012) и разработки системы функциональных типов растений с целью глобального и регионального экологического мониторинга.

Другое направление разработки современных ИТ для анализа эколого-физиологических свойств растений лежит в области трехмерного компьютерного моделирования органов, тканей, клеток и происходящих в них процессов. Технологии трехмерной реконструкции позволяют выявлять функциональные свойства объекта как системы и в настоящее время широко применяются в естественных науках. Успешно моделируют и изучают свойства металлических решеток, кристаллов, порошкообразных смесей и др. В области живых систем абсолютное большинство работ в этом направлении связано с моделированием на молекулярном уровне – третичной и четвертичной структуры белков, пространственной организации нуклеиновых кислот, структуры антител и др., что позволило достигнуть более глубокого понимания биохимических процессов. В то же время трехмерная организация клеток, тканей и органов до сих пор остается малоизученной, несмотря на исключительно большое значение для жизнедеятельности растений. Нами создано специализированное программное обеспечение для анализа и трехмерного моделирования внутреннего строения разных типов листьев на основе математической структурно-имитационной модели расчета плотных упаковок несферических выпуклых объектов – сферополиэдров (ООО «СИАМС», Екатеринбург). Построение компьютерных моделей разных структурных типов листьев позволяет провести эксперименты по исследованию влияния трехмерных параметров структуры листа на газообмен растений, оценить вклад разных внутрилистных структур в регуляцию скорости газообмена. В целом предлагаемый подход открывает качественно новый этап в трехмерном моделировании структур и функций растений.

Разработанные ИС и программные продукты могут использоваться широким рядом специалистов при проведении фундаментальных и прикладных исследований в области ботаники, экологии, морфологии и физиологии растений, а также в агрономии, селекции и интродукции растений. Результаты могут найти широкое применение для оценки растительных ресурсов и прогнозирования реакции растительности на изменение климата, а в области образования – для подготовки специалистов высокого уровня по экологии и физиологии растений, селекции и генетике, агрономии, лесоведения и других областях растениеводства.

Благодарности

Работа выполнена в рамках бюджетной темы Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук, поддержанной Российским федеральным бюджетом, и гранта РФФИ № 17-29-05019.

Литература

- Иванова Л. А. Структурная перестройка мезофилла листа в ряду жизненных форм растений // Доклады Академии наук. 2012. Т. 447. № 6. С. 687–690.
- Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А. Закономерности изменения удельной плотности листьев у растений Евразии вдоль градиента аридности // Доклады Академии наук. 2009. Т. 428. № 1. С. 135–138.
- Иванова Л. А., Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Церенханд Г., Цоож Ш., Бажа С. Н. Листовые параметры и биомасса кустарников лесостепи Монголии в связи с их экологическими свойствами // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 1 (50). С. 60–71.
- Ivanova L. A., Yudina P. K., Ronzhina D. A., Ivanov L. A., Hölzel N. Quantitative mesophyll parameters rather than whole-leaf traits predict response of C₃ steppe plants to aridity // New Phytologist. 2018. V. 217. № 2. P. 558–570. DOI: [10.1111/nph.14840](https://doi.org/10.1111/nph.14840)

- Ivanova L. A., Ivanov L. A., Ronzhina D. A., Yudina P. K., Migalina S. V., Shinehoo T., Tserenkhand G., Voronin P. Yu., Anenkhonov O., Bazha S. N., Gunin P. D. Leaf traits of C₃- and C₄-plants indicating climatic adaptation along a latitudinal gradient in Southern Siberia and Mongolia // *Flora*. 2019. V. 254. P. 122–134. DOI: [10.1016/j.flora.2018.10.008](https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.10.008)
- Ronzhina D. A., Ivanov L. A., P'yankov V. I. Chemical Composition of Leaves and Structure of Photosynthetic Apparatus in Aquatic Higher Plants // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2010. V. 57. № 3. P. 368–375. DOI: [10.1134/S1021443710030088](https://doi.org/10.1134/S1021443710030088)
- Ronzhina D. A., Ivanov L. A. Construction costs and mesostructure of leaves in hydrophytes // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2014. V. 61. № 6. P. 776–783. DOI: [10.1134/S102144371406017X](https://doi.org/10.1134/S102144371406017X)
- Ronzhina D. A., Ivanova L. A., Ivanov L. A. Leaf functional traits and biomass of wetland plants in forest and steppe zones // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2019. V. 66. № 3. P. 393–402. DOI: [10.1134/S1021443719030129](https://doi.org/10.1134/S1021443719030129)
- Thérourx-Rancourt G., Earles J. M., Gilbert M. E., Zwieniecki M. A., Boyce C. K., McElrone A. J., Brodersen C. R. The bias of a two-dimensional view: comparing two-dimensional and three-dimensional mesophyll surface area estimates using noninvasive imaging // *New Phytol.* 2017. V. 215 (4). P. 1609–1622. DOI: [10.1111/nph.14687](https://doi.org/10.1111/nph.14687)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ GBIF.ORG РОССИЙСКИМИ ИССЛЕДОВАТЕЛЯМИ

Иванова Н. В.

*Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пущино, Россия*

GBIF.ORG DATA USE BY RUSSIAN RESEARCHERS

Ivanova N. V.

*Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – the Branch of Keldysh Institute
of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0003-4199-5924](https://orcid.org/0000-0003-4199-5924)*

Corresponding e-mail: Natalya.dryomys@gmail.com

Summary: by now 76 peer-reviewed articles from Russia that use GBIF data are visible via GBIF.org. Russian citation index provides 128 Russian GBIF-mediated articles and 78 conference abstracts. Not all authors follow the citation guidelines, and many GBIF datasets are incorrectly cited.

Keywords: GBIF, eLIBRARY.RU, citation guidelines

Объединенные данные о распространении видов становятся сегодня важным (а иногда и основным) источником информации в исследованиях биоразнообразия. Портал GBIF, Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2020), является крупнейшим в мире ресурсом таких данных. На январь 2019 г. через GBIF доступны более 1.3 млрд записей о находках видов, опубликованных более чем 1 500 организаций со всего мира, в т.ч. 3.8 млн записей для территории России. Все эти данные свободно доступны для повторного анализа и распространяются по одной из трех открытых лицензий сообщества Creative Commons (CC-0, CC-BY, CC-BY-NC). Каждому набору данных присваивается идентификатор цифрового объекта (DOI), с помощью которого GBIF отслеживает использование опубликованных данных в составе объединенных массивов и их цитирование в научной литературе. Для каждого набора данных отображаются все публикации, в которых процитирована хотя бы одна его запись.

Согласно статистике глобального портала, с 2000 г. в рецензируемых журналах опубликовано 7 162 статьи, связанных с GBIF, в т.ч. 4 185 публикаций содержат результаты анализа данных, полученных через глобальный портал (Peer-reviewed..., 2020). Из них российскими исследователями опубликованы 175 и 76 статей соответственно. Поиск в научной электронной библиотеке [eLIBRARY.RU](http://elibrary.ru) по ключевому слову «GBIF» показал, что с 2004-го по 2019 г. российскими исследователями опубликовано 128 статей и 78 материалов конференций по данной тематике. Среди этих публикаций только 5 статей включены в список, доступный на портале GBIF.

Эти результаты показывают, что данные глобального портала пока мало используются отечественными учеными, вероятно, из-за низкой репрезентативности для многих регионов России. В то же время объем национальных данных, доступных через GBIF, возрастает с каждым годом (Shashkov, Ivanova, 2019), открытые цифровые данные о биоразнообразии

постепенно вовлекаются в научный оборот, но отечественные публикации, подготовленные на основе их анализа, далеко не всегда оказываются «видимыми» через глобальный портал. Причина этого несоответствия заключается в том, что поисковая система GBIF при подсчете цитирований наборов данных использует Google Scholar, Scopus, Wiley Online Library, SpringerLink, NCBI Pubmed и bioRxiv, которые охватывают далеко не все российские научные издания. В результате большинство публикаций, индексированных в [eLIBRARY.RU](https://eLibrary.ru), не учитывается. В настоящее время Секретариат GBIF работает над включением Российского индекса научного цитирования в свои поисковые алгоритмы, что позволит более полно отобразить публикации отечественных ученых на глобальном портале.

Важно, чтобы публикации результатов исследований, выполненных с использованием данных GBIF, не только были обнаружимы через глобальный портал, но и связаны с соответствующими наборами данных. Для этого необходимо, чтобы пользователи GBIF соблюдали правила цитирования использованных ими источников (Citation..., 2020).

При цитировании одного набора данных следует приводить в списке литературы информацию, указанную в разделе Citation на его веб-странице, – авторов первичных данных, название набора данных и номер версии, публикующую организацию, DOI, URL и дату обращения, как, например, в (Karyakin et al., 2018). Обычно исследователи не используют исходные наборы данных GBIF целиком, а формируют поисковые запросы по определенным критериям. Результату каждого такого запроса всегда присваивается DOI, который содержит параметры поиска, ссылки на источники происхождения и авторство всех найденных записей. В этом случае рекомендуется включать в ссылку DOI, указание на GBIF и дату загрузки, как, например, в (GBIF, 2019). На наш взгляд, хорошей практикой также является перечисление авторов всех наборов данных, включенных в результат запроса. Для быстрого получения этих сведений удобнее выгружать данные не в CSV-таблице, а в формате Darwin Core Archive (Wieczorek et al., 2012). Список всех использованных наборов данных и их авторов доступен в архиве в файле citations.txt.

Из 76 статей российских авторов, обнаружимых через GBIF, наборы данных корректно процитированы (с указанием DOI) в 12 публикациях. Среди 128 статей, обнаруженных нами по ключевому слову «GBIF» через [eLIBRARY.RU](https://eLibrary.ru), только в 21 приведены ссылки на DOI использованных наборов данных.

Некорректная ссылка на набор данных, полученный через глобальный портал, не позволяет рецензентам и читателям оценить полноту и качество использованных данных, воспроизвести результаты анализа и согласиться с представленными выводами. Такие ссылки не учитываются в списках цитирований наборов данных, а, следовательно, не отражают реальной востребованности цифровых данных о биоразнообразии, посвященных разным систематическим группам.

Благодарности

Автор благодарит сотрудников Секретариата GBIF Дмитрия Щигеля и Даниэля Нусгаарда (Daniel Noesgaard) за консультации при подготовке тезисов.

Литература

- Citation guidelines. GBIF.org. URL: <https://www.gbif.org/citation-guidelines> (2020-01-27).
GBIF – Global Biodiversity Information Facility. Свободный и открытый доступ к данным о биоразнообразии.
URL: <https://www.gbif.org/> (2020-01-27).
GBIF Occurrence Download. GBIF.org. DOI: [10.15468/dl.z5n8gs](https://doi.org/10.15468/dl.z5n8gs) (2019-12-07).

- Karyakin I., Kamenskiy D., Grachev E., Shnayder E., Ebel A., Shtol D., Mashkov V. Birds of Northern Eurasia. Occurrence dataset. Sibecocenter LLC, 2018. DOI: [10.15468/hmqxgv](https://doi.org/10.15468/hmqxgv) (2020-01-27).
Peer-reviewed papers using data. GBIF.org. URL: https://www.gbif.org/resource/search?contentType=literature&literatureType=journal&relevance=GBIF_USED&peerReview=true (2020-01-27).
- Shashkov M., Ivanova N. Considerable Progress in Russian GBIF Community // Biodiversity Information Science and Standards. 2019. V. 3. P. e37015. DOI: [10.3897/biss.3.37015](https://doi.org/10.3897/biss.3.37015)
- Wieczorek J., Bloom D., Guralnick R., Blum S., Döring M., De Giovanni R., Robertson T., Vieglais D. Darwin Core: An Evolving Community-developed Biodiversity Data Standard // PLoS ONE. 2012. V. 7 (1). P. e29715. DOI: [10.1371/journal.pone.0029715](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕШАННЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПО ДАННЫМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Иванова Н. В.¹, Шашков М. П.^{1,2}, Шанин В. Н.^{1,2,3}, Грабарник П. Я.²

¹*Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пуццино, Россия*

²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пуццино, Россия*

³*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
Москва, Россия*

OBTAINING TREE STANDS CHARACTERISTICS FROM UAV DATA: THE CASE OF MIXED FORESTS

Ivanova N.¹, Shashkov M.², Shanin V.³, Grabarnik P.⁴

¹*Institute of Mathematical Problems of Biology RAS – The Branch
of the Keldysh Institute of Applied Mathematics
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0003-4199-5924](https://orcid.org/0000-0003-4199-5924)*

²*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-1328-8758](https://orcid.org/0000-0002-1328-8758)*

³*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-8294-7796](https://orcid.org/0000-0002-8294-7796)*

⁴*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-9732-4217](https://orcid.org/0000-0002-9732-4217)*

Corresponding e-mail: Natalya.dryomys@gmail.com

Summary: we obtained data on tree density and height from UAV-derived canopy height model (CHM) for permanent sampling plot in mixed forest. Coniferous trees were successfully detected, results for birch were needed additional treatment. Accuracy of individual tree detection was 73.9%. Tree heights retrieved from the UAV were well-matched to ground based methods.

Keywords: UAV, canopy height model, tree detection, mixed forests

Введение

Данные дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), широко применяются для решения научных и практических задач. В лесной экологии они используются для определения таксационных характеристик древостоев, оценки параметров крон деревьев, расчета надземной биомассы лесных сообществ, мониторинга фенологических фаз и др. (Masek et al., 2015; Mulero-Pázmány et al., 2017). Важным преимуществом этих методов является возможность

единовременного обследования больших территорий при низких трудозатратах. В то же время точность получаемых оценок зависит от состава и возраста древостоев и часто нуждается в полевой верификации.

Цель работы – оценка возможностей использования данных БПЛА для получения некоторых характеристик смешанных древостоев.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили данные наземных исследований и аэрофотосъемки постоянной пробной площади (ППП), расположенной на территории Приокско-Тerrasного государственного природного биосферного заповедника (г. о. Серпухов, Московская обл.). PPP заложена в 2016 г. и имеет размер 100 × 100 м (1 га). С помощью дальномера-угломера TruPulse 360В на PPP были картографированы все деревья с диаметром ствола, превышающим 6 см, для каждого живого дерева измерены высота и некоторые другие характеристики. Подробно методика наземных исследований описана нами ранее в работе Шанина с соавт. (2018). В древостое на PPP преобладают сосна *Pinus sylvestris*, береза *Betula* spp. и ель *Picea abies*, меньше участие липы *Tilia cordata*, дуба *Quercus robur* и осины *Populus tremula*. Средний возраст сосны в древостое составляет 113 лет, березы – 100 лет, ели – 78 лет.

Аэрофотосъемку на PPP проводили 12 октября 2017 г. квадрокоптером Phantom 4 в режиме mosaic flight mode с 90%-ным перекрытием снимков с высоты 68 м. Плотное облако точек и ортофотоплан строили в программе Agisoft Metashape (Agisoft..., 2019). Затем полученное облако обрабатывали в среде статистического программирования R (R Core, 2019). На первом этапе использовали функции пакета lidR. Сначала выделяли точки, относящиеся к классу «земная поверхность» с помощью функции *lasground()* по алгоритму cloth simulation filtering (Zhang et al., 2016), после чего выполняли нормализацию набора данных с помощью функции *lasnormalize()* по алгоритму tin. Далее строили цифровую модель высот крон (canopy height model, CHM) по алгоритму pitfree (Khosravipour et al., 2014) с помощью функции *grid_canopy()*. На следующем этапе по цифровой модели высот выделяли отдельные деревья. Для поиска вершин деревьев использовали алгоритм, реализованный в функции *FindTreesCHM()* пакета rLiDAR (Silva et al., 2016). Минимальная высота для выделения отдельных деревьев принята в 1.37 м (значение по умолчанию), размер окна 5 × 5 пикселей. Полученные автоматически координаты вершин конвертировали в точечный векторный файл. Затем в среде QGIS (QGIS..., 2019), при визуальном сопоставлении полученного слоя с ортофотопланом, экспертно оценивали результат автоматического поиска вершин деревьев (при необходимости обращались к данным наземной съемки). Дерево считали найденным корректно, если автоматически найденная вершина лежала в пределах кроны соответствующего дерева на ортофотоплане. Если в пределах кроны было детектировано несколько вершин, дерево считали найденным корректно, но для дальнейшего анализа оставляли маркер только одной вершины, с наибольшим значением высоты, другие вершины учитывали как неправильно найденные. После чего рассчитывали доли корректно детектированных алгоритмом деревьев относительно всех найденных автоматически и всех учтенных наземными методами деревьев 1–2 классов Крафта. Для корректно детектированных живых деревьев сравнивали высоты, предсказанные моделью, и полученные в результате наземных измерений.

Результаты и их обсуждение

Получена цифровая модель высот с разрешением 50 см. По этой модели на ППП автоматически детектировано 241 дерево. Сопоставление полученных результатов с ортофотопланом показало лишь частичное соответствие деревьев, найденных автоматически, и деревьев, визуально дедектируемых на ортофотоплане. Определение положения вершин хвойных деревьев (сосны и ели) почти всегда было корректным. При поиске вершин лиственных деревьев (в основном это характерно для березы) в пределах одной кроны алгоритм, как правило, находил несколько вершин, соответствующих, на самом деле, крупным скелетным ветвям, в результате чего одно дерево было учтено как несколько. После корректировки этих данных в соответствии с принятой методикой, была рассчитана доля корректно детектированных (от всех найденных алгоритмом) деревьев, которая составила 73.9 % (178 деревьев).

Полученные результаты сравнивали с фактическим числом деревьев на ППП, учтенных наземными методами. На момент проведения аэрофотосъемки на ППП насчитывалось 148 деревьев 1-го и 2-го классов Крафта. Из них корректно детектированы 128 (86.5 %), т.е. использованный нами метод позволяет учесть большинство деревьев в пологе древостоя. Более низкие деревья были детектированы в тех случаях, когда они росли в окнах в пологе и их кроны не перекрывались с другими деревьями. Алгоритмом также были обнаружены 17 из 22 сухостойных деревьев (в основном ель, погибшая после засухи 2010 г.).

Высоты, вычисленные по данным аэрофотосъемки, хорошо согласовывались с измеренными наземными методами. Полученная зависимость соответствовала линейной модели $y = k \times x$ ($R^2 = 0.99$, $k = 0.98$). Высоты, полученные по данным аэрофотосъемки, в среднем были на 1,5 % ниже по сравнению с наземными измерениями.

Заключение

Таким образом, для получения надежных оценок характеристик смешанных древостоев по материалам аэрофотосъемки, требуется верификация полученных автоматически данных. Этот вывод согласуется с результатами других исследователей (Otero et al., 2018).

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-14-00362). Актуализация данных наземных исследований выполнена в рамках проекта РФФИ 18-04-00527.

Литература

- Шанин В. Н., Шашков М. П., Иванова Н. В., Быховец С. С., Грабарник П. Я. Исследование структуры древостоев и микроклиматических условий под пологом леса на постоянной пробной площади в Приокско-Тerrasном заповеднике // Труды Приокско-Тerrasного заповедника. Вып. 7. М.: КМК, 2018. С. 68–80.
- Agisoft LLC. Agisoft Metashape (Version 1.5). Software. 2019. URL: <https://www.agisoft.com/>
- Khosravipour A., Skidmore A. K., Skidmore M., Wang T., Hussin Y. Generating Pit-free Canopy Height Models from Airborne Lidar // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 2014. № 9. P. 863–872. DOI: [10.14358/PERS.80.9.863](https://doi.org/10.14358/PERS.80.9.863)
- Masek J. G., Hayes D. J., Hughes M. J., Healey S. P., Turner D. P. The role of remote sensing in process-scaling studies of managed forest ecosystems // Forest Ecology and Management. 2015. V. 355. P. 109–123. DOI: [10.1016/j.foreco.2015.05.032](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.05.032)
- Mulero-Pázmány M., Jenni-Eiermann S., Strebel N., Sattler T., Negro J. J., Tablado Z. Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review // PLoS ONE. 2017. V. 12 (6). P. e0178448. DOI: [10.1371/journal.pone.0178448](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178448)

- Otero V., Van De Kerchove R., Satyanarayana B., Martínez-Espinosa C., Amir Bin Fisol M., Rodila Bin Ibrahim M., Sulong I., Mohd-Lokman H., Lucas R., Dahdouh-Guebas F. Managing mangrove forests from the sky: Forest inventory using field data and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery in the Matang Mangrove Forest Reserve, peninsular Malaysia // *Forest Ecology and Management*. 2018. V. 411. P. 35–45. DOI: [10.1016/j.foreco.2017.12.049](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.049)
- QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2019. URL: <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2019. URL: <https://www.R-project.org/>
- Silva C. A., Hudak A. T., Vierling L. A., Loudermilk E. L., O'Brien J. J., Hiers J. K., Khosravipour A. Imputation of Individual Longleaf Pine (*Pinus palustris* Mill.) Tree Attributes from Field and LiDAR Data // *Canadian Journal of Remote Sensing*. 2016. V. 42 (5). P. 554–573. DOI: [10.1080/07038992.2016.1196582](https://doi.org/10.1080/07038992.2016.1196582)
- Zhang W., Qi J., Wan P., Wang H., Xie D., Wang X., Yan G. An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation // *Remote Sensing*. 2016. V. 8 (6). I. 501. P. 1–22. DOI: [10.3390/rs8060501](https://doi.org/10.3390/rs8060501)

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПРИРОДНЫХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ
GLOBULARIA PUNCTATA LAPEYR. (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Ильина В. Н.

*Самарский государственный социально-педагогический университет,
Самара, Россия*

**FEATURES OF THE STRUCTURE OF *GLOBULARIA PUNCTATA* LAPEYR.
NATURAL CENOPOPULATIONS (SAMARA REGION)**

Ilina V. N.

*Samara State University of Social Sciences and Education, Samara, Russia,
ORCID: 0000-0002-6692-2580*

Corresponding e-mail: Siva@mail.ru, ilina@pgsga.ru

Summary: *Globularia punctata* Lapeyr. (Globulariaceae) is a rare species in the Samara Region; under optimal conditions of existence, it tends to increase in numbers. The basic ontogenetic spectrum of ceno-populations is incomplete centered with a predominance of mature generative plants.

Keywords: *Globularia punctata* Lapeyr., ceno-population, ontogenetic spectrum, Samara region

Шаровница крапчатая (*Globularia punctata* Lapeyr., Globulariaceae) представляет собой многолетнее стержнекорневое травянистое растение высотой 10–25 см. Стебли прямые, неразветвленные. Прикорневые листья собраны в плотную розетку, длинночерешковые, обратнойцевидные, стеблевые – сидячие, ланцетные. Цветки голубого цвета в одиночных шаровидных головках. Цветет в мае – июне. Насекомоопыляемое растение. Плод – продолговатый орешек. Плодоносит в июле – августе. Размножение вида преимущественно семенное. Экологические характеристики вида: мезоксерофит, гелиофит, кальцефил, эрозиофил. Имеет дизъюнктивный ареал, который охватывает Европу, Средиземноморье, Кавказ (Бобров, 1981). Причиной дизъюнктивности ареала шаровницы в Поволжье С. А. Сенатор и С. В. Саксонов (2010) указывают динамику растительности.

В Самарской области встречается как в Предволжье, так и в Заволжье в составе каменистых и луговых степей, иногда на опушках и лесных полянах. В некоторых случаях активно разрастается по нарушенным участкам (полосы отвода автомобильных дорог, заброшенные карьеры). В типичных местах обитания численность может достигать до 10–15 особей на 1 м², иногда и более (до 60 генеративных растений).

Включен в Красную книгу Российской Федерации (категория 3б, в) (Красная книга..., 2008). Находится под охраной в Республике Татарстан (категория 3) (Красная книга..., 2016), Саратовской (категория 2) (Красная книга..., 2006), Ульяновской (категория 2) (Красная книга..., 2015) и Оренбургской обл. (категория 1) (Постановление Правительства..., 2014). Включен в первое издание Красной книги Самарской обл. со статусом 5/Г – условно редкий вид со стабильной численностью (Бирюкова и др., 2007). Во втором издании Красной книги Самарской области отмечен как восстанавливающийся вид (категория 5) (Красная книга..., 2017). Распространение вида в Самарской области проанализировано в статье Н. В. Коневой,

Л. А. Сидякиной (2018). Фитоценотическая приуроченность описана в статье А. Е. Митрошенковой (2015) для Заволжья, в статье С. В. Саксонова, Л. В. Сидякиной (2016) для Самарской Луки (Предволжье). Предварительные данные о структуре популяций приведены автором статьи в Красной книге Самарской области (2017) в соответствующем очерке.

Среди лимитирующих развитие популяций факторов отмечается требовательность к эдафическим (карбонатные почвы) и фитоценотическим условиям. Скашивание в основном не сказывается на состоянии популяций, поскольку обсеменение происходит в июне, а сенокошение не затрагивает прижатые к поверхности земли розетки листьев (Красная книга..., 2017).

G. punctata обладает физиолого-биохимическими особенностями, например, количество хлорофилла *a* значительно преобладает над хлорофиллом *b*, что является общим отличительным признаком растений-гелиофитов. В листьях растений низкое содержание сухой массы сопровождается повышенным уровнем окислительных процессов. Количественные вариации содержания зеленых пигментов предположительно связаны с условиями произрастания растений (Богданова, Розенцвет, 2018, 2019).

Актуальным является изучение особенностей пространственно-онтогенетической структуры популяций редких видов растений для выявления закономерностей их поддержания и восстановления в природе (Ильина, 2006, 2015, 2019). В Самарской области популяционными исследованиями охвачено лишь небольшое число редких представителей, среди которых шаровнице не уделялось достаточного внимания. Имеются данные о структуре популяций и численности вида на Самарской Луке (Чап, Киселева, 2014; Саксонов, Сидякина, 2016).

В ходе работ использовалась традиционная методика популяционно-онтогенетических исследований (Ценопопуляции..., 1976, 1977, 1988). Диагнозы онтогенетических групп особей *G. punctata* определены в соответствии с работами М. Н. Кузнецовой (2003).

Территория исследований находится в Самарском Высоком Заволжье (лесостепная зона). Автором статьи изучено 60 ценопопуляций *G. punctata* в 11 географических пунктах Самарской области (Гора Зеленая (Елховский), Гора Пионерка, Иса克林ская нагорная лесостепь, коренной берег р. Шунгут, коренной берег р. Черная (Иса克林ский), Гора Лысая, Гора Красная (Красноярский), Гора Копейка (Похвистневский), Гора Высокая, Серноводский (Серноводный) шихан, Успенская шишка (Сергиевский район)).

Базовый онтогенетический спектр исследованных ценопопуляций *G. punctata* неполночленный центрированный, с преобладанием зрелых генеративных особей (около 30 %). В базовом спектре отсутствуют субсенильные и сенильные особи. В целом для Самарского Заволжья свойственна высокая доля генеративных растений (62 %), прегенеративных – около 38 %. Средний показатель индексов замещения и восстановления ценопопуляций – 0.65; возрастности (дельта) – 0.31; эффективности (омега) – 0.64.

В конкретных ценопопуляциях шаровницы в составе онтогенетических групп на момент исследования могут отсутствовать проростки, ювенильные и старые генеративные растения. В локальных популяциях доля проростков составляет 0.2 – 24.3 %; ювенильных растений – 0.3 – 16.8 %; имматурных – 2.6 – 25.8 %; виргинильных – 3.4 – 28.3 %; молодых генеративных – 6.3 – 37.9 %; зрелых генеративных – 8.8 – 55.3 %; старых генеративных – 1.0 – 30.3 %. Индекс замещения особей в ценопопуляциях составляет 0.21–1.41; индекс восстановления – 0.21–1.41; дельта – 0.20–0.41; омега – 0.47–0.82.

По совокупности параметров популяции *G. punctata* в большинстве конкретных географических пунктов Самарского Заволжья находятся в удовлетворительном состоянии, однако вопрос о необходимости охраны остается актуальным. Даже в популяциях с высокой

численностью и плотностью особей этот вид требует осуществления мероприятий по сохранению местообитаний и действенной регламентации сельскохозяйственного использования мест произрастания.

К сожалению, в степи и лесостепи коренные петрофитные сообщества весьма уязвимы и в условиях экономического развития регионов, в том числе Самарской и сопредельных областей, постоянно находятся на грани исчезновения, а любое вмешательство приводит к их нестабильности (Кузнецова, 2003; Ильина, 2006; Супрун, 2017; Конева, Сидякина, 2018; Лаврентьев, 2018). Поэтому заключение об удовлетворительном состоянии популяций редких видов-кальцефилов не может служить основанием для исключения данных представителей из региональных Красных книг, что нередко происходит в различных субъектах Российской Федерации. Таким образом, существование *G. punctata* в Самарской области напрямую зависит от сохранности ландшафтов, создания экологических коридоров и новых ООПТ и др.

Литература

- Бобров Е. Г. Globulariaceae – Шаровниковые // Флора европейской части СССР. Т. 5. Л.: Наука, 1981. С. 341–342.
- Бирюкова Е. Г., Васюков В. М., Голуб В. Б., Гусева Л. В., Задульская О. А., Иванова А. В. и др. Покрытосеменные, или цветковые // Красная книга Самарской области. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников, и грибов. Под ред. чл.-корр. РАН Г. С. Розенберга и проф. С. В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. С. 18–283.
- Богданова Е. С., Розенцвет О. А. Оценка физиолого-биохимического состояния реликтового вида *Globularia punctata* в условиях Среднего Поволжья // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: сб. тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием и школы молодых ученых. Иркутск, 2018. С. 139–142.
- Богданова Е. С., Розенцвет О. А. Материалы к монографии реликтового вида *Globularia punctata* (Globulariaceae): экологические и физиолого-биохимические особенности // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. № 2. С. 250–257.
- Ильина В. Н. Эколого-биологические особенности и структура ценопопуляций редких видов рода *Hedysarum* L. в условиях бассейна Средней Волги. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2006. 19 с.
- Ильина В. Н. Изменения базовых онтогенетических спектров популяций некоторых редких видов растений Самарской области при антропогенной нагрузке на местообитания // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2015. Т. 24. № 3. С. 144–170.
- Ильина В. Н. Редкие копеечники на Средней Волге. Биология, структура популяций и вопросы охраны: монография. Самара: СГСПУ, 2019. 164 с.
- Конева Н. В., Сидякина Л. В. О географии и охране *Globularia punctata* Lapeyr (Globulariaceae) в Самарской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27. № 3. С. 186–193.
- Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Казань: Идел-Пресс, 2016. 760 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищ. научных изданий КМК, 2008. 855 с.
- Красная книга Самарской области. Т. I: Редкие виды растений и грибов. Под ред. С. А. Сенатора, С. В. Саксонова. Изд. 2-е, перераб. и доп. Самара, 2017. 384 с.
- Красная книга Саратовской области. Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Изд-во Торгово-пром. палаты Саратов. обл., 2006. 528 с.
- Красная книга Ульяновской области. Под науч. ред. Е. А. Артемьевой, А. В. Масленникова, М. В. Корепова. М.: Буки Веди, 2015. 550 с.
- Кузнецова М. Н. Биолого-ценотические особенности *Globularia punctata* Lapeyr. в центральной части Приволжской возвышенности. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2003. 18 с.
- Лаврентьев М. В. Ботанико-экологическая характеристика *Hedysarum grandiflorum* Pall. и фитоценозов с его участием в южной части Приволжской возвышенности. Дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2018. 197 с.
- Митрошенкова А. Е. Растительные сообщества с *Globularia punctata* Lapeyr в Самарской области // Самарский научный вестник. 2015. № 2 (11). С. 115–120.
- Постановление Правительства Оренбургской области от 16.04.2014 № 229-п «О внесении изменений в постановление Правительства Оренбургской области от 26 января 2012 года № 67-п».
- Саксонов С. В., Сидякина Л. В. Самаролукская популяция реликтового вида *Globularia punctata* Lapeyr (Globulariaceae) // Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-

- экономических систем: материалы III Международной конференции, посвященной 85-летию Самарского гос. экономического ун-та (Тольятти, 15–17 июня 2016 г.). Самара, 2016. С. 92–94.
- Сенатор С. А., Саксонов С. В. Причины дизъюнкций ареалов растений в Самарско-Ульяновском Поволжье (в порядке дискуссии) // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Теория ареалов: виды, сообщества, экосистемы (V Любимцевские чтения). Тольятти: Кассандра, 2010. С. 180–189.
- Супрун Н. А. Проблемы охраны природных популяций редких видов растений Волгоградской области (на примере видов рода *Hedysarum* L.) // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов: сборник статей VII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. М.: Планета, 2017. С. 123–126.
- Ценопопуляции растений. Основные понятия и структура. М.: Наука, 1976. 216 с.
- Ценопопуляции растений. Развитие и взаимоотношения. М.: Наука, 1977. 183 с.
- Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 184 с.
- Чап Т. Ф., Киселева Д. С. *Globularia punctata* Lapeyr на Самарской Луке // Экология и география растений и растительных сообществ Среднего Поволжья. Под ред. С. А. Сенатора, С. В. Саксонова, Г. С. Розенберга. Тольятти: Кассандра, 2014. С. 410–415.

**БАЗЫ ДАННЫХ, ОНЛАЙН-СИСТЕМЫ И НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:
ОПЫТ ПЕРВОЙ В СТРАНЕ ПРОГРАММЫ ИЗ СЕРИИ CITIZEN SCIENCE**

Калякин М. В.¹, Волцит О. В.¹, Морковин А. А.¹, Уколов И. И.²

¹*Зоологический музей Московского государственного университета
имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

²*Программа «Птицы Москвы и Подмосковья», Москва, Россия*

**DATA BASES, ON-LINE PLATFORMS AND SCIENTIFIC RESULTS:
SOME EXPERIENCE OF RUSSIAN FIRST CITIZEN SCIENCE PROGRAM**

Kalyakin M. V.¹, Voltzit O. V.¹, Morkovin A. A.², Ukolov I. I.³

¹*Zoological Museum of Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia*

²*Zoological Museum of Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia,*

ORCID: [0000-0003-3107-9375](https://orcid.org/0000-0003-3107-9375)

³*The Program “Birds of Moscow and the Moscow Region”,
Moscow, Russia*

Corresponding e-mail: kalyakin@zmmu.msu.ru

Summary: using the example of the history of the “Birds of Moscow and the Moscow Region” program, we briefly analyze the relationship between the processes of accumulating data on biodiversity by involving a wide range of volunteers in their collection and analyzing the collected information in order to obtain scientific results.

Keywords: atlas of birds, data base, data collating, data analysis, birds of Moscow Region, Birds of European Russia

В течение последнего десятилетия ситуация в области документирования состояния биоразнообразия с помощью инструментов, предлагаемых Интернетом, стремительно меняется. В мире эта практика возникла раньше и уже привела как к накоплению гигантских по объему баз данных, так и к росту числа примеров их использования в научных целях. В России процесс тоже пошел, а отставание от мирового тренда позволяет опираться на разработанные и применяемые зарубежными коллегами приемы накопления и анализа данных, стандарты и методы. Всего не перечислишь, но вокруг происходят масштабные акции по внесению сведений о распространении животных, растений и грибов в GBIF, в том числе с помощью бурно развивающегося инструмента iNaturalist, создание российских электронных каталогов самых разных биоколлекций, а также порталов, посвященных разным группам живых организмов. Возможно, пришло время для обзора ситуации, однако она меняется на глазах, и подготовленный обзор устареет уже в процессе подготовки к публикации. Мы хотим сфокусировать внимание читателей не на накоплении данных о биоразнообразии, а на том, зачем нам эти данные – на научном продукте, для изготовления которого это накопление, как об этом всегда объявляется, и происходит. Предлагаем вашему вниманию описание того, как мы использовали данные, накопленные в ходе активной двадцатилетней деятельности программы

«Птицы Москвы и Подмосковья» (<http://birdsmoscow.net.ru/>). Подчеркнем: первого в стране проекта (или мы о чем-то не знаем?), соответствующего понятию citizen science. Но, конечно, не единственного: на сегодня только в части регистрации наблюдений за птицами действует несколько региональных онлайн-систем, содержащих данные наблюдений и/или фотографирования птиц, и по крайней мере одна из этих систем, RRRCN (Российская сеть изучения и охраны пернатых хищников), ориентирована не только на их накопление, но и на научное и природоохранное использование. Мы также знакомы с выполняемыми в МГУ крупными научными проектами «Флора России» (www.inaturalist.org/projects/flora-of-russia), «Атлас млекопитающих России» (<http://rusmam.ru/>) и «Депозитарий “Ноев Ковчег”» (<https://depo.msu.ru/>).

На этом фоне история той части деятельности Программы «Птицы Москвы и Подмосковья», которая касается накопления и использования сведений, собираемых любителями и профессиональными орнитологами, выглядит следующим образом. Программа сформировалась при Зоологическом музее МГУ и начала свою работу в 1999 г. Это первый столь масштабный проект, в котором приняли участие уже более 1 000 человек, не только любителей-бердвотчеров (которые зачастую знают птиц не хуже профессионалов), но и специалистов-орнитологов. Первое обобщение материалов о птицах московского региона было сделано в атласе «Птицы Москвы и Подмосковья», опубликованном в 2006 г. В нем были собраны карты распространения (с указанием мест гнездования и зимовок) всех зарегистрированных на тот момент видов птиц, отдельно для Москвы и Московской области. Дальнейшее увеличение числа наблюдателей, рост их активности и профессионализма позволили инициировать проект по созданию атласа птиц города Москвы, который был начат в 2006 г.

При создании этого атласа была использована методика поквadratного деления территории, что подразумевает ее тотальное обследование. Территория Москвы в пределах МКАД, поделенная на 243 квадрата размером 2 на 2 км, обследована в течение 6 лет, и по полученным материалам опубликован атлас, содержащий карты для 226 видов птиц. Для каждого вида представлена карта с указанием гнездового статуса (доказанного, вероятного и возможного) и численности гнездящихся пар, карта с оценкой численности вида в негнездовой период и карта с указанием квадратов, где вид был отмечен на зимовке. Это первый в России полный атлас распространения птиц конкретной территории.

В результате подготовки атласа проведена полная инвентаризация орнитофауны города, дана оценка численности всех видов птиц, изучен характер распределения видов по территории города, их приуроченность к тем или иным городским биотопам, изучены адаптации видов к условиям города (гнездование в необычных местах, зимовки перелетных видов, частичная смена кормов и др.), уточнены сроки прилета/отлета птиц и данные по срокам гнездования, рассмотрена связь фенологических явлений в жизни птиц с изменениями абиотических условий. При этом база данных атласа формировалась «вручную» из отчетов по квадратам, присланных наблюдателями.

Появление атласа создало базу для налаживания мониторинга численности гнездящихся, пролетных и зимующих птиц города, а в будущем станет точкой отсчета для оценки изменений в авифауне при составлении последующего атласа птиц той же территории сравнимыми методами, как на качественном, так и на количественном уровне.

После выхода книги на сайте Программы был создан электронный ресурс – онлайн-атлас птиц города Москвы (http://birdsmoscow.net.ru/proekt_atlas.html). В нем на основе материалов из базы данных Программы ежегодно обновляются сведения по составу видов и их статусу в

каждом квадрате. Создана возможность просмотра данных и для каждого квадрата, и для каждого вида. На картах помечены новые данные, появившиеся уже после публикации атласа. Материалы по птицам, собранные в рамках Программы, были использованы при создании первого и второго изданий Красной книги города Москвы.

Накопленный опыт стал очень важным подспорьем для участия в крупном международном проекте по созданию второго атласа гнездящихся птиц Европы в части создания атласа гнездящихся птиц Европейской России. Были обследованы 1 628 из 1 800 квадратов размером 50 на 50 км, для каждого квадрата составлен список видов птиц с указанием степени доказанности гнездования и оценкой численности, подготовлены карты распространения всех 417 видов; российский атлас будет опубликован осенью 2020 г. В проекте участвовали более 600 орнитологов, как профессионалов, так и квалифицированных бердвотчеров. К 2013 г. на базе программы 1С была сформирована система онлайн-регистрации встреч птиц на территории бывшего СССР (теперь и по всему миру). Первоначально она обеспечивала накопление сведений о встречах птиц с указанием необходимых параметров (место, время, число особей, характер встречи, автор и проч.), но не позволяла формировать отчеты по квадратам атласа. В ходе постепенной доработки и настройки системы сегодня она уже используется не только для «простого» накопления фаунистических сведений, но и для целей создания атласов птиц определенных территорий или для регистрации и сохранения результатов учетов на мониторинговых маршрутах за счет возможности формирования соответствующих отчетов прямо в ней. Так, в 2019 г. был инициирован проект создания атласа птиц Московской области с использованием методики поквadratного обследования увеличенной по сравнению с европейским атласом детальности: с размерами квадратов 10 на 10 км. Теперь онлайн-система регистрации птиц используется в полной мере: материалы вносятся в систему, есть возможность формировать отчеты по квадратам с указанием гнездового статуса и сроков пребывания каждого вида. Работа с онлайн-системой позволяет сократить время на обработку данных, объем которых нарастает.

Приведенных примеров достаточно, чтобы остановиться на главном мотиве нашего сообщения. Лозунг «Вносите ваши наблюдения в такую-то базу данных!» оправдан не только созданием для каждого из участников онлайн-дневника его собственных наблюдений, обнародованием его личных достижений в обнаружении (фотографировании) птиц и возможностью посоревноваться в их поисках, но и реальным вкладом в науку и в возможность повысить шансы на их сохранение. Наш двадцатилетний опыт показывает, что, формируя ту или иную систему сбора данных, следует представлять себе формат и характер данных, которые «на выходе» будут использованы в научном анализе. Очевидно, что даже вопрос о том, кто где обитает, при внимательном рассмотрении обрастает серией дополнительных необходимых действий, например выяснением и фиксацией таких параметров, как характер пребывания, регулярность встреч, обилие вида в данном месте, точность геопривязки, надежность определения, затраченные наблюдателем усилия и использованные им методы и т.д. Если же наши планы включают решение более сложных вопросов (например, проведение мониторинга численности птиц), то число параметров и сложность их выяснения и фиксации растут. Сказанное подтверждает реализация недавно стартовавших проектов «Флора России» и «Атлас млекопитающих России». Первый использует возможности, предоставляемые системой iNaturalist, осуществление второго предусматривает создание и отладку системы, позволяющей как накапливать данные, собранные наблюдателями, так и анализировать их. В этом случае соответствующая система создавалась с полным представлением о том, как и для чего будут использоваться накапливающиеся в ней данные о биоразнообразии.

В заключение хочется отметить, что накопленный нами и коллегами (особенно зарубежными) опыт свидетельствует о достаточно простой вещи: если мы в какой-то момент задумаемся о создании базы данных о биоразнообразии РФ, которую мы сами захотим использовать для самых разных направлений научного анализа, то нам необходимо самим конструировать такую систему.

Благодарности

Авторы крайне признательны всем участникам перечисленных в тексте проектов и всем лицам, пополняющим соответствующие базы данных. На разных этапах работы авторы использовали финансовую поддержку грантов РФФИ №№ 14-04-01133, 15-29-02445 и 18-04-00770 и РНФ № 14-50-00029. Работы выполнены также в соответствии с Гостемой АААА-А16-116021660077-3.

Литература

Атлас птиц города Москвы. Ред.-сост. М. В. Калякин, О. В. Волцит, Х. Гроот Куркамп; науч. ред. Н. С. Морозов. М.: Фитон XXI, 2014. 332с.
Kalyakin M. V., Voltzit O. V. Atlas. Birds of Moscow City and the Moscow Region. Moscow-Sofia: Pensoft, 2006. 372 p.

**МАТЕРИАЛЫ К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ГИДРОФИЛЬНОЙ ФЛОРЫ
Г. ТОБОЛЬСКА (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Капитонова О. А.

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, Россия

**MATERIALS TO THE CHARACTERISTICS OF HYDROPHILIC FLORA
OF TOBOLSK (TYUMEN REGION)**

Kapitonova O. A.

*Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk, Russia,
ORCID: 0000-0002-6618-7029*

Corresponding e-mail: kapoa.tkns@gmail.com

Summary: preliminary data on the flora of water bodies and watercourses in Tobolsk are presented. The studied flora was composed of 246 species from 123 genera, 61 families, 7 classes and 6 divisions, including 4 species of liverworts and 21 species of mosses. The macrophyte flora contains a few alien species, as well as species protected in the Tyumen region.

Keywords: hydrophilic flora, macrophyte, aquatic and semiaquatic plants, urban flora, Tobolsk, Siberia

Тобольск (58°11'43" с. ш. 68°15'29" в. д.) – город в Тюменской области, расположенный в месте слияния рек Тобол и Иртыш. Основная часть города находится на правом берегу р. Иртыш, два микрорайона (Левобережье и Сумкино) расположены на левом берегу реки. Общая площадь города составляет 222 км². Положение Тобольска у южного предела таежной природной зоны определяет общий южно-таежный характер растительного покрова и высокий уровень обводненности территории. В ландшафтном отношении это – пологоувалистая, слаборасчлененная (за исключением приречных полос) аллювиальная равнина, сложенная озерными глинами или слоистыми легкосуглинистыми и песчаными толщами, перекрытыми покровными суглинками с елово-пихтово-березовыми с примесью липы травяными лесами на дерново-сильнопodzolistых (значительно распаханых) почвах в сочетании с плоской, местами гривистой поймой с осокоревыми и ивняковыми злаковыми лесами на пойменных оподзоленных и дерново-глеевых оподзоленных почвах (Гвоздецкий и др., 1971). Согласно геоботаническому районированию территория входит в Тобольско-Иртышский округ темнохвойно-березовых и темнохвойно-сосновых травяных лесов в сочетании с низинными и верховыми болотами (Воронов, Михайлова, 1971).

Водные объекты города многочисленны и разнообразны. Естественные водоемы и водотоки представлены реками Тобол и Иртыш, несколькими малыми реками (Курдюмка, Слесарка, Бекеровка, Абрамовка) и ручьями – притоками Иртыша и малых рек, пойменными озерами (старицами) и протоками, обводненными участками низинных (минеротрофных) болот, заболоченных лесов и пойменных лугов. К антропогенным водным объектам относятся обводненные карьеры, выемки грунта, дренажные каналы и коллекторы, пруды, придорожные каналы, лужи.

Растительный покров водоемов и водотоков г. Тобольска до настоящего времени не был объектом специального изучения. Некоторые сведения о растениях, произрастающих на водных и прибрежно-водных экотопах в пределах города и его ближайших окрестностей, можно найти в публикациях первой половины XX столетия (Пигнатти, 1911; Ивановский, 1912), где изложены материалы как по сосудистым растениям, так и по мохообразным. Эти данные представляют несомненную научную и историческую ценность, однако являются далеко не полными для формирования списков современной флоры территории города и его отдельных частей или объектов. Изучение мохообразных территории Тобольска активизировалось в начале XXI столетия. Так, в работе А. Г. Безгодова (2014) имеются достаточно полные сведения о мхах, встречающихся в водных объектах города. С целью выявления гидрофильной флоры (флоры водоемов и водотоков, или флоры макрофитов) г. Тобольска и анализа ее современного состояния в 2015 г. нами инициированы исследования по изучению растительного покрова городских водных объектов, предварительные результаты которых приводятся в настоящем сообщении.

Основными материалами для работы послужили гидрботанические сборы и описания водной и прибрежно-водной растительности, выполненные в 2015–2019 гг. автором. Кроме того, использован обширный гербарный материал, собранный в конце XIX – начале XX столетия в Тобольске и его окрестностях Н. Л. Скалозубовым, А. Я. Гордягиным, В. А. Ивановским, С. Н. Мамеевым, Б. Н. Городковым и хранящийся в секторе Сибири и Дальнего Востоке в LE (БИН РАН, Санкт-Петербург), а также гербарий сосудистых растений и мохообразных, хранящийся на Тобольской комплексной научной станции УрО РАН (г. Тобольск).

Основываясь на определении понятия «флора водоемов (водотоков)» (Папченков и др., 2003), нами учитывались все растения, произрастание которых в период летней межени (со второй половины мая по сентябрь) было отмечено в водных, обводненных и сырых местообитаниях в пределах города и его ближайших окрестностей. Всего исследованиями охвачена территория площадью около 300 км². При формировании списка исследованной флоры порядки и семейства цветковых растений располагали в соответствии с новейшей системой покрытосеменных растений APG–IV (The Angiosperm..., 2016), их объем приведен по этой же системе. Порядки и семейства, а также номенклатура таксонов мохообразных расположены согласно спискам листостебельных мхов (Ignatov et al., 2006) и печеночников (Konstantinova et al., 2009).

Предварительные результаты анализа выявленной флоры позволяют говорить о достаточно высоком таксономическом разнообразии водных и прибрежно-водных растений г. Тобольска. Выявленная гидрофильная флора включает 246 видов высших растений, объединенных в 123 рода, 61 семейство из 7 классов и 6 отделов (таблица).

Таблица

Отделы	Кол-во таксонов в отделах				
	классов	порядков	семейств	родов	видов
Marchantiophyta	1	2	3	4	4
Bryophyta	2	3	8	12	21
Lycopodiophyta	1	1	1	1	1
Equisetophyta	1	1	1	1	3
Polypodiophyta	1	1	1	1	1
Magnoliophyta	1	25	47	104	216
Всего:	7	33	61	123	246

В рассматриваемой флоре преобладают семейства Poaceae (23 вида) и Cyperaceae (21 вид), достаточно богаты также Potamogetonaceae (15 видов), Salicaceae (12 видов), Asteraceae (12 видов) и Ranunculaceae (11 видов). Из родов наиболее богаты видами *Carex* (15 видов), *Potamogeton* (13 видов), *Salix* (12 видов), *Juncus* (8 видов), *Ranunculus* (7 видов), *Typha* (5 видов).

В водоемах и водотоках города встречаются чужеродные на территории Тюменской области виды растений: *Chenopodium glaucum*, *Echinochloa crusgalli*, *Echynocystis lobata*, *Epilobium adenocaulon*, *E. pseudorubescens*, *Impatiens glandulifera*, *Iris pseudacorus*, *Phragmites altissimus*. Ряд видов, являющихся аборигенными в южной, лесостепной части области, в пределах южно-таежных ландшафтов Тобольска и его окрестностей также могут быть отнесены к адвентивным. Это, прежде всего, *Typha laxmannii* и *Zannichellia repens*.

Во флоре макрофитов г. Тобольска отмечены виды, охраняемые на территории Тюменской области (Перечень..., 2017): *Lycopodiella inundata*, *Nuphar pumila*, *Nymphaea tetragona*, *Acorus calamus*, *Zannichellia repens*, *Epipactis palustris*. Кроме того, в водоемах города встречены очень редкие в области и Западной Сибири в целом макрофиты: *Riccia fluitans*, *Ricciocarpos natans*, *Nuphar × spenneriana*, *Peplis portula*, *Rorippa dogadovae*.

Благодарности

Автор благодарит И. В. Кузьмина (ТюмГУ, г. Тюмень) за предоставление фотографий гербарных образцов тобольской флоры, хранящихся в LE.

Работа выполнена в рамках государственной темы НИОКТР «Биоразнообразие ветланных экосистем юга Западной Сибири» (AAAA-A19-119011190112-5).

Литература

- Безгодов А. Г. Дополнения к бриофлоре Тобольска // Тобольск научный – 2014: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Тобольск: Принт-Экспресс, 2014. С. 34–39.
- Воронов А. Г., Михайлова Г. А. Общая характеристика растительного покрова // Атлас Тюменской области. Вып. 1. Лист 23. М.; Тюмень: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1971. С. 1–4.
- Гвоздецкий Н. А., Криволуцкий А. Е., Макулина А. А. Физико-географическое районирование // Атлас Тюменской области. Вып. 1. Листы 26, 27. М.; Тюмень: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1971. С. 3–6.
- Ивановский В. А. «Чистое болото» в окрестностях г. Тобольска // Ежегодник Тобольского губернского музея. 1910. Вып. XX. Тобольск: Типография Епархиального Братства, 1912. 40 с.
- Папченков В. Г., Щербаков А. В., Лапинов А. Г. Основные гидробиотические понятия и сопутствующие им термины // Гидробиотика: методология, методы: материалы Школы по гидробиотике. Рыбинск: Рыбинский Дом печати, 2003. С. 27–38.
- Перечень видов животных, растений и грибов, подлежащих занесению в Красную книгу Тюменской области: Приложение к постановлению Правительства Тюменской области от 29 ноября 2017 г. № 590-п.
- Пигнатти В. Гербарий Тобольского Губернского Музея // Ежегодник Тобольского Губернского Музея. 1909. Вып. XIX. Тобольск: Типография Епархиального Братства, 1911. 36 с.
- Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A., with contribution on regional floras from: Abolina A., Akatova T. V., Baisheva E. Z., Bardunov L. V., Baryakina E. A., Belkina O. A., Bezgodov A. G., Boychuk M. A., Cherdantseva V. Ya., Czernyadjeva I. V., Doroshina G. Ya., Dyachenko A. P., Fedosov V. E., Goldberg I. L., Ivanova E. I., Jukoniene I., Kannukene L., Kazanovsky S. G., Kharzinov Z. Kh., Kurbatova L. E., Maksimov A. I., Mamatkulov U. K., Manakyan V. A., Maslovsky O. M., Napreenko M. G., Otnyukova T. N., Partyka L. Ya., Pisarenko O. Yu., Popova N. N., Rykovsky G. F., Tubanova D. Ya., Zheleznova G. V., Zolotin V. I. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. V. 15. P. 1–130.
- Konstantinova N. A., Bakalin V. A., Andrejeva E. N., Bezgodov A. G., Borovichev E. A., Dulin M. V., Mamontov Yu. S. Checklist of liverworts (Marchantiophyta) of Russia // Arctoa. 2009. V. 18. P. 1–64.

The Angiosperm Phylogeny Group IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Botanical Journal of the Linnean Society. 2016. V. 181 (1). P. 1–20. DOI: [10.1111/boj.12385](https://doi.org/10.1111/boj.12385)

СОВРЕМЕННЫЕ ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В УЗБЕКИСТАНЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИНТЕГРАЦИИ В GBIF

Каримов Ф. И., Бешко Н. Ю.

*Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Республика Узбекистан*

MODERN FLORISTIC RESEARCH IN UZBEKISTAN AND OPPORTUNITIES OF THEIR INTEGRATION IN THE GBIF

Karimov F. I., Beshko N. Yu.

*Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan*

Corresponding e-mail: far19780806@mail.ru

Summary: flora of Uzbekistan includes 4 380 species. Publication of the new edition of the national Flora has been started in 2016, a revision of 15 families and 58 genera has been published to date. Creation of the online version of Flora of Uzbekistan and the digitizing of National Herbarium of Uzbekistan (TASH) for integration into GBIF are in progress now.

Keywords: digitalization, flora, GBIF, TASH herbarium, online flora, Uzbekistan

Территория Республики Узбекистан, расположенная в центре Евразии, обладает уникальным ландшафтным и биологическим разнообразием. Около 80 % площади страны занимают пустыни, около 20 % – горы и предгорья. В пределах Узбекистана произрастает около 4 400 видов растений, включая значительное число эндемичных, угрожаемых и экономически ценных видов. Здесь выявлены уникальные естественные центры происхождения и разнообразия видов, в том числе предков многих ценных культурных растений. При этом в Средней Азии Узбекистан является самым густонаселенным. Начиная с древних времен, экосистемы страны испытывают влияние деятельности человека, которое многократно усилилось со второй половины двадцатого столетия. В настоящее время около 20 % площади Узбекистана составляют преобразованные человеком ландшафты. С учетом этих обстоятельств оценка современного состояния уникальной флоры Узбекистана имеет важнейшее значение.

Хотя традиционный формат представления результатов инвентаризации флоры в виде полнотекстовых печатных изданий по-прежнему актуален, стремительное развитие информационных технологий диктует необходимость в оцифровке ботанических данных (в том числе гербарных коллекций), их размещении в открытом доступе в Интернете и интеграции в глобальные онлайн-порталы о биоразнообразии, такие как Global Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org).

В результате ботанических исследований, имеющих почти 200-летнюю историю, накоплен огромный массив данных о флоре Узбекистана. Важнейшим источником информации является уникальный научный объект в составе Института ботаники Академии наук Республики Узбекистан – Национальный гербарий (TASH), который был образован в 1987 году на основе объединения коллекций Института ботаники, Ташкентского государственного университета,

Института химии природных соединений, Музея природы Ташкента. Это самая крупная в мире коллекция среднеазиатских образцов. Здесь хранится более 1.5 млн листов гербария, собранных начиная с 1831 года на территории Средней Азии, а также некоторых других регионов мира (Афганистан, Северная Африка, Россия, Корея, Китай и др.). В TASH имеется большое количество исторических сборов Г. С. Карелина и И. П. Кирилова, Э. Регеля, А. Г. Шренка, Б. и О. Федченко, выдающихся ботаников XX века М. Г. Попова, Е. П. Коровина и других ученых, а также сборы многих крупных геоботанических, флористических, ресурсоведческих экспедиций XX века.

Оцифровка и создание базы данных гербария TASH были начаты в 2012 году, к настоящему времени отсканировано более 50 000 образцов из основной коллекции и вся типовая коллекция (3 684 образцов). В базу данных внесена информация этикеток более 300 тыс. гербарных образцов, относящихся более чем к 4 630 видам 675 родов и 97 семейств. Геопривязка выполнена более чем для 25 000 образцов.

В 6-томной «Флоре Узбекистана» (1941–1962) приведена детальная информация о 4 148 видах растений, зарегистрированных на тот момент на территории республики (из них 3 663 аборигенные, 485 заносные и интродуцированные). За десятилетия, прошедшие после выхода из печати этого фундаментального издания, было сделано много новых флористических открытий и находок, в частности, после 2000 года с территории Узбекистана был описан 1 новый для науки монотипный род и более 40 видов. Современный неопубликованный национальный конспект флоры, составленный в формате базы данных MS Access, включает 4 380 видов. Актуальные сведения о географическом распространении видов на территории страны были обобщены в ряде оф-лайн баз данных и печатных изданий, таких как «Флора Юго-Западного Тянь-Шаня (в пределах республики Узбекистан)» (Тожибаев, 2010), «Botanical geography of Uzbekistan» (Tojibaev et al., 2017), серия книг «Кадастр флоры Узбекистана» (Тожибаев и др., 2018, 2019).

Переиздание «Флоры Узбекистана» стало весьма актуальным, и с 2016 года эта работа была начата Институтом ботаники Академии наук Узбекистана в кооперации с зарубежными специалистами (Sennikov et al., 2016). К настоящему времени опубликованы три тома новой «Флоры», включающие обработку 15 семейств с 58 родами и 376 видами и подвидами (около 8.6 % от общего количества зарегистрированных в Узбекистане видов высших растений) (Сенников, 2016, 2017, 2019).

Новая «Флора Узбекистана» представляет собой фундаментальную критико-монографическую сводку, отражающую современный состав видов и их классификацию (Сенников и др., 2017). В ходе подготовки новой «Флоры» проводится ревизия гербарных образцов, хранящихся в Национальном гербарии Узбекистана в Ташкенте (TASH), Гербарии Ботанического института им. Л. В. Комарова РАН в Санкт-Петербурге (LE), Гербарии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова в Москве (MW), Гербарии Института ботаники и фитоинтродукции МОН Республики Казахстан в Алматы (AA), Гербарии Ботанического института НАН Таджикистана в Душанбе (TAD) и Гербарии Самаркандского государственного университета. Структура новой «Флоры» и формат представления материала аналогичны принятому в мире современному формату печатных и электронных флор, объем семейств соответствует современной филогенетической системе покрытосеменных растений APG IV (2016). Номенклатурная часть включает в себя бинарные научные названия видов, синонимию, источники первоописания, ссылки на типовые образцы. Одним из главных достоинств нового издания «Флоры Узбекистана» является детальная информация о распространении видов по ботанико-географическим округам и районам страны согласно

современной схеме районирования (Тожибаев и др., 2016), включая цитирование гербарных сборов по каждому виду и точечные карты распространения, созданные в среде ГИС на основе их геопривязки.

В настоящее время ведется работа по подготовке печатной версии «Флоры» на английском языке, онлайн-версии по образцу eFloras (Brach, Song, 2006), онлайн-версии цифрового гербария TASH и интеграции этих данных в Global Biodiversity Information Facility. На сегодняшний день на портале GBIF размещены следующие результаты современных флористических исследований в Узбекистане: база данных однодольных геофитов Ферганской долины (Karimov, 2016) и список заносных видов флоры Узбекистана (Sennikov et al., 2018). В перспективе также включение в GBIF результатов осуществляющихся в настоящее время проектов по сеточному картированию флоры отдельных ботанико-географических регионов страны и созданию кадастра флоры административных областей.

Благодарности

Работа была выполнена в рамках государственного гранта Ф3МВ-2016-0914113123 «Систематика двудольных растений природной флоры Узбекистана» и международного проекта «Устойчивое использование растительных ресурсов: виртуальная флора Центральной Азии», финансируемого Фондом Михаэля Зуккова.

Литература

- Сенников А. Н. (ред.). Флора Узбекистана. Т. 1. Ташкент: Навруз, 2016. i-xxviii, 121 с.
- Сенников А. Н. (ред.). Флора Узбекистана. Т. 2. Ташкент: Навруз, 2017. xii + 200 с.
- Сенников А. Н. (ред.). Флора Узбекистана. Т. 3. Ташкент: Маънавият, 2019. xii + 202 с.
- Сенников А. Н., Тожибаев К. Ш., Хасанов Ф. О., Бешко Н. Ю. Современная флористическая сводка как всеобъемлющая инвентаризация флоры: концепции и подходы (на примере «Флоры Узбекистана») // Материалы Международной научной конференции «Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению», посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета. Тверь, 2017. С. 367–371.
- Тожибаев К. Ш. Флора Юго-Западного Тянь-Шаня (в пределах республики Узбекистан). Ташкент: Фан, 2010. 98 с.
- Тожибаев К. Ш., Бешко Н. Ю., Попов В. А. Ботанико-географическое районирование Узбекистана // Ботанический журнал. 2016. Т. 101. № 10. С. 1105–1132.
- Тожибаев К. Ш., Бешко Н. Ю., Кодиров У. Х., Батошов А. Р., Мирзалиева Д. У. Кадастр флоры Узбекистана: Самаркандская область. Ташкент: Фан, 2018. 220 с.
- Тожибаев К. Ш., Бешко Н. Ю., Шомуродов Х. Ф., Кодиров У. Х., Тургинов О. Т., Шарипова В. К. Кадастр флоры Узбекистана: Кашкадарьинская область. Ташкент: Фан, 2019. 256 с.
- Флора Узбекистана: в 6 т. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1951–1962.
- An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Botanical Journal of the Linnean Society. 2016. V. 181. P. 1–20. DOI: [10.1111/boj.12385](https://doi.org/10.1111/boj.12385)
- Brach A. R., Hong Song. eFloras: New directions for online floras exemplified by the Flora of China Project // Taxon. 2006. V. 55 (1). P. 188–192.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF) Home Page. 2020. URL: <https://www.gbif.org>
- Karimov F. I. Monocotyledonous Geophytes of Fergana Valley. Occurrence dataset. Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan institute of the Gene pool of plants and Animals, 2016. DOI: [10.15468/u3twh1](https://doi.org/10.15468/u3twh1)
- Sennikov A. N., Tojibaev K. Sh., Khassanov F. O., Beshko N. Yu. The Flora of Uzbekistan Project // Phytotaxa. 2016. V. 282 (2). P. 107–118. DOI: [10.11646/phytotaxa.282.2.2](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.282.2.2)
- Sennikov A. N., Tojibaev K. Sh., Beshko N. Yu., Esanov H. K., Jenna Wong L., Pagad S. Global Register of Introduced and Invasive Species – Uzbekistan. Version 1.3. Invasive Species Specialist Group ISSG, 2018. DOI: [10.15468/m5vdkw](https://doi.org/10.15468/m5vdkw)
- Tojibaev K. Sh., Beshko N. Yu., Popov V. A., Jang C. G., Chang K. S. Botanical Geography of Uzbekistan. Pocheon, Republic of Korea: Korea National Arboretum, 2017. 250 p.

УДЕЛЬНАЯ ПЛОЩАДЬ ЛИСТЬЕВ (SLA) КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Карпов М. В., Сауткин И. С., Рогова Т. В.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

SPECIFIC LEAF AREA (SLA) AS INDICATOR OF FUNCTIONAL STATE OF ECOSYSTEMS

Karpov M. V.¹, Sautkin I. S.², Rogova T. V.³

¹*Kazan Federal University, Kazan, Russia*

²*Kazan Federal University, Kazan, Russia,*

ORCID: 0000-0002-5051-7070

³*Kazan Federal University, Kazan, Russia,*

ORCID: 0000-0003-1775-2914

Corresponding e-mail: mihail.karpov.1997@mail.ru

Summary: *Pinus sylvestris* needles were taken at sites varying in the combination of ecological factors and the anthropogenic influence. It has been established that the SLA values decrease with decline of moistening and soil fertility, and with recreational load increasing. In young plantings in the air pollution conditions the minimum SLA values were noted.

Keywords: functional trait, SLA, ecological factors

Достоверная и объективная оценка удельной площади листьев (SLA) необходима для точной оценки накопления углерода в кронах деревьев (Xiao et al., 2006). Этот показатель подвержен, в значительной степени, изменениям в зависимости от условий окружающей среды и может характеризовать интегральное влияние различных факторов на развитие растения (Ackerly, Reich, 1999). SLA является одним из наиболее распространенных функциональных показателей, представленных в международной базе Plant Trait Database (TRY). На территориях, испытывающих сильное антропогенное воздействие, показатель SLA может быть использован для оценки состояния экосистемы в целом. В ландшафтах европейской части России для этих целей может быть использована широко распространенная *Pinus sylvestris* L.

Для исследования были выбраны 4 площадки, различные по совокупности природных факторов и уровню антропогенной нагрузки, в пригородной зоне г. Казани и Раифского лесничества Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (Раифа, ВКГПБЗ): 1. Раифа, кв. 48, зрелый сосняк костянично-снытевый; 2. «Лесопарк Лебяжье», зрелый сосняк разнотравный; 3. Раифа, кв. 120, зрелый сосняк сфагновый; 4. Санитарно-защитная зона (СЗЗ) химического предприятия «КазаньОргсинтез», молодые насаждения сосны.

Для оценки относительного уровня загрязненности территории использовался метод оценки санитарного состояния деревьев по наличию хлорозов, некрозов и усыханий хвои и скорости дефолиации. Эти показатели зарекомендовали себя как информативные (Алексеев, 1990). Для оценки поврежденности хвои была использована балльная система, основанная на визуальной оценке усыханий, хлорозов или некрозов. Согласно этой методике (Шуберт, 1988)

участки 1 и 3 могут быть охарактеризованы как «идеально чистые», что соответствует условиям биосферного заповедника, территория лесопарка «Лебяжье» является «чистой», степень загрязненности СЗЗ завода «КазаньОргсинтез» соответствует переходному состоянию между «условно чистым» и «загрязненным» состоянием.

Отбор проб хвои осуществлялся в каждом местообитании в объеме не менее 15 образцов по 30 хвоинок, что должно обеспечить достаточную репрезентативность выборок.

Расчет показателя SLA осуществлялся по формулам:

$$LA = 2 \times L \times 1.537 \times (1 + 3.14 / 2) \times [(M \times 2) / (3.14 \times L)]^{0.5},$$

где L – суммарная длина иголок в сантиметрах;

M – масса иголок в граммах (Johnson, 1984).

$$SLA = LA/M \text{ г/см}^2 \text{ (Zheng et al., 2017).}$$

При предварительном анализе выборок было выявлено, что распределения значений SLA хвои участков 3 и 4 не соответствуют нормальному распределению, а также то, что согласно тесту Левене дисперсии выборок не гомоскедастичны. Это свидетельствует о предпочтительности использования для работы с этими выборками непараметрических методов. Для обнаружения значимости различий был выбран тест Манна-Уитни. По результатам анализа между значениями SLA всех выборок существуют значимые различия.

Полученные в результате измерений значения SLA могут быть объяснены воздействием ряда факторов. Наиболее благоприятные условия произрастания по почвенным факторам (влажность, плодородие) характерны для заповедного участка 1, Раифа, кв. 48. Здесь отмечены максимальные значения SLA (211,140). На участке 2 на аналогичных почвах в условиях рекреационного воздействия SLA уменьшается до 147.805. На участке 3 в сосняке сфагновом на болоте 120 кв. заповедника значения SLA (128.368) почти в два раза меньше по сравнению с сосняком костянично-снытевым квартала 48. Таким образом, очевидно, что значения функционального показателя SLA хвои сосны обыкновенной снижаются как при ухудшении условий увлажнения и почвенного плодородия, так и при рекреационной нагрузке. В молодых насаждениях *Pinus sylvestris* в пригородной зоне Казани отмечены минимальные значения SLA (участок 4, Оргсинтез – 129.16). Это обстоятельство может быть связано с более высоким уровнем инсоляции по сравнению с насаждениями сомкнутого леса. Увеличение SLA в условиях затенения отмечалось и другими исследователями (Lui et al., 2016). Низкие значения показателя также определяются и условиями загрязнения атмосферного воздуха. Подобные закономерности были ранее отмечены в различных исследованиях для ряда лиственных пород (Wuytack et al., 2011; Wen et al., 2004).

Средняя длина хвои образцов с молодых (18–25 лет) деревьев участка 4, несмотря на произрастание в условиях загрязненной атмосферы, достоверно превышала аналогичный показатель образцов с зрелых (92–160 лет) деревьев участка 2 лесопарка (6 и 3.8 см соответственно), тогда как показатель SLA образцов с участка 4 был, напротив, значимо ниже, чем у образцов хвои с участка 2. Таким образом, показатель SLA меньше подвержен изменению у деревьев на протяжении жизненного цикла в период генеративной возрастной фазы.

На примере участков 3 и 4 можно видеть, что показатель удельной площади листа реагирует неспецифично на различные факторы окружающей среды и может характеризовать только некий обобщенный «уровень благоприятности среды» для вида. На двух этих участках наблюдаются неблагоприятные значения разных факторов окружающей среды для сосны. В случае с участком 4 таким фактором является атмосферное загрязнение, о чем свидетельствует распространенность хлорозов и некрозов хвои (среди хвои третьего года жизни более 60 % усохшей) и интенсивность дефолиации (хвоя четвертого года на побегах полностью

отсутствует). Подобные показатели свидетельствуют о высоком уровне загрязнения атмосферы (Lamppu, 2002). На территории участка 3 верхового болота (кв. 120, ВКГПБЗ) хвоя сохраняется на побегах до 6 лет, отсутствуют некрозы и усыхания хвои ранее 4-го года жизни. Для болотных почв характерно низкое содержание питательных веществ и высокая влажность, что действует на рост растения угнетающе. Об этом свидетельствует то, что при принадлежности к одному возрастному классу диаметр 94-летнего контрольного дерева с участка 3 составляет 15 см, тогда как 114-летнее дерево, произрастающее на участке 1, расположенном на расстоянии 6 километров от участка 3 на территории того же лесного массива, имеет диаметр 128 см.

Определенный интерес также представляет изменение показателя SLA для хвои разных лет, отобранной с побегов деревьев одного участка. Согласно тесту Манна-Уитни, между значениями SLA хвои разного возраста на обоих участках с территории заповедника достоверные различия отсутствуют. Образцы однолетней хвои с участков лесопарка «Лебяжье» достоверно отличаются по значению показателя SLA от двух- и трехлетней хвои, а между образцами хвои второго и третьего года значимые отличия отсутствуют. Образцы хвои с территории СЗЗ завода «КазаньОргсинтез» демонстрируют значимые отличия показателя SLA между всеми возрастными группами хвои.

Для всех участков, за исключением санитарно-защитной зоны завода, отмечены более высокие значения однолетней хвои по сравнению с двух- и трехлетней хвоей, что предположительно связано с более благоприятными метеорологическими условиями года образования хвои. Достоверно установленная тенденция снижения показателя SLA с возрастом хвои (от третьего года к первому), отмеченная в условиях загрязнения атмосферы на участке 4, свидетельствует об угнетении роста растения в целом.

Исходя из полученных результатов, можно рекомендовать метод измерения SLA лесобразующего вида *Pinus sylvestris* L. для оценки функционального состояния лесной экосистемы. Этот показатель достаточно консервативен и менее подвержен реакциям на особенности микроместообитания, чем вес хвои или ее длина. К достоинствам метода можно также отнести возможность его применения при сравнении деревьев, существенно отличающихся по возрасту. Накопление информации о SLA видов растений, произрастающих в различных экологических условиях, включая антропогенное воздействие, в базе данных функциональных признаков, совмещенных с базами данных геоботанических описаний, позволит осуществлять мониторинг и строить прогнозы изменения состояния и функционального разнообразия экосистем.

Благодарности

Публикация осуществлена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта 18-44-160021.

Литература

- Алексеев В. А. Лесные экосистемы и атмосферные загрязнения. Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1990. 197 с.
Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Ред. Р. Шуберт. М.: Мир, 1988. 348 с.
Ackerly D. D., Reich P. B. Convergence and correlations among leaf size and function in seed plants: a comparative test using independent contrasts // *American Journal of Botany*. 1999. V. 86. P. 1272–1281. DOI: [10.2307/2656775](https://doi.org/10.2307/2656775)
Lamppu J. Scots pine needle longevity and other shoot characteristics along pollution gradients: PhD thesis. Oulu: University of Oulu, 2002.
Liu Y., Dawson W., Prati D., Haeuser E., Feng Y., van Kleunen M. Does greater specific leaf area plasticity help plants to maintain a high performance when shaded? // *Ann Bot*. 2016. V. 118 (7). P. 1329–1336. DOI: [10.1093/aob/mcw180](https://doi.org/10.1093/aob/mcw180)

Plant Trait Datadase. URL: <https://www.try-db.org/TryWeb/dp.php>

Wen D., Kuang Y., Zhou G. Sensitivity analyses of woody species exposed to air pollution based on ecophysiological measurements // Environmental Science and Pollution Research. 2004. V. 11. P. 165–170. DOI: [10.1007/BF02979671](https://doi.org/10.1007/BF02979671)

Wuytack T., Wuyts K., Van Dongen S., Baeten L., Kardel F., Verheyen K., Samson R. The effect of air pollution and other environmental stressors on leaf fluctuating asymmetry and specific leaf area of *Salix alba* L. // Environmental Pollution. 2011. V. 159 (10). P. 2405–2411. DOI: [10.1016/j.envpol.2011.06.037](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.037)

Xiao C.-W., Janssens I. A., Curiel Yuste J. et al. Variation of specific leaf area and upscaling to leaf area index in mature Scots pine // Trees. 2006. V. 20. P. 304. DOI: [10.1007/s00468-005-0039-x](https://doi.org/10.1007/s00468-005-0039-x)

Zheng L., Zhao Q., Yu Z. et al. Altered leaf functional traits by nitrogen addition in a nutrient-poor pine plantation: A consequence of decreased phosphorus availability // Scientific Reports. 2017. V. 7. Article 7415. DOI: [10.1038/s41598-017-07170-3](https://doi.org/10.1038/s41598-017-07170-3)

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС ГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Каширская Н. Н.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Россия*

THE INTEGRAL INDICATOR OF THE BIOLOGICAL STATE OF AGRICULTURAL TERRACES IN MOUNTAIN DAGESTAN

Kashirskaya N. N.

*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

Corresponding e-mail: nkashirskaya81@gmail.com

Summary: the integral indicator of the biological state of the agricultural terraces of Mountain Dagestan formed in various lithological conditions was estimate. This indicator decreased in the following series: deluvium of marls and clays – calcareous sandstone – shales – carbonate sandstone. In deep layers, stable high indicators of biological state characterized the soil on calcareous sandstone. In terraced soil formed on shales was detected an increase of the integral indicator of the biological state in the layer located at a depth of 210 cm, due to extremely high urease activity. This is due to an ancient agricultural practice – high rates of fertilization.

Keywords: Agricultural soils, agricultural terraces, microbial biomass, enzymatic activity

Многочисленные работы последних лет посвящены изучению особенностей почвенного покрова Дагестана (Бабаева, 2002; Залибеков, 2010), оценке земельных ресурсов (Стасюк и др., 2009; Аличаев, 2013), проблемам землепользования (Черкашин, Абдулаев, 2014). Однако почвы террасных полей, в результате создания и тысячелетнего использования которых сформировался самостоятельный новый почвенный тип (Залибеков, 2010), к настоящему времени изучены в меньшей степени. Создание террас как наиболее целесообразная форма адаптации сельского хозяйства к условиям горного ландшафта было характерно для всех этапов сельскохозяйственного освоения в горной зоне и успешно применялось в широко известных очагах древнего земледелия, таких как Кавказ, Южная Азия и Центральная Америка (Агларов, 2007). Для выявления особенностей сельскохозяйственной практики прошлых эпох успешно используются различные микробиологические и биохимические почвенные показатели (Чернышева, 2015). Цель настоящей работы заключалась в исследовании биологической активности горных антропогенных почв земледельческих террас Дагестана.

В почвах четырех средневековых земледельческих террас горного Дагестана, сформированных на различных почвообразующих породах, была проведена оценка интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) по величинам интенсивности субстрат-индуцированного дыхания, микробной биомассы и ферментативной активности. В качестве эталонной почвы с максимальными значениями показателей биологической активности была выбрана современная почва, сформированная на делювии мергелей и глин на участке, где не производилось террасирование. Здесь микробная биомасса составляла

1 155 мкг С/г почвы, фосфатазная активность – 118 мкг P_2O_5 /г почвы час, уреазная активность – 378 мкг NH_4 /г почвы час. Эти показатели были приняты за 100 % для дальнейших расчетов ИПБС. Интегральный показатель биологического состояния верхних слоев террасных почв уменьшался в следующем ряду: делювий мергелей и глин – известковистый песчаник – сланцы – карбонатный песчаник. В глубоких слоях стабильными высокими показателями ИПБС характеризовалась почва на известковистом песчанике. Здесь, на глубине от 40 до 120 см, значения ИПБС были обусловлены существенным увеличением фосфатазной активности. Мы полагаем, что в данном случае имеет место высокая степень сохранности фосфатазы, за счет ассоциации молекул фермента с органоминеральной матрицей, сформированной благодаря влиянию почвообразующей породы. Террасная почва, сформированная на сланцах, характеризовалась увеличением интегрального показателя биологического состояния в слое, расположенном на глубине 210 см, за счет чрезвычайно высокой уреазной активности, что, очевидно, связано с древней сельскохозяйственной практикой – высокими нормами внесения удобрений при ухудшении плодородия почвы.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 19-29-05205).

Литература

- Агларов М. А. Дагестан – один из исходных центров мирового террасного земледелия // Вестник Дагестанского научного центра. 2007. № 28. С. 1–6.
- Аличаев А. М. О новой электронной оцифрованной почвенной карте Дагестана. Масштаб 1:400 000 // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19. № 1 (54). С. 84.
- Бабаева М. А. Закономерности распределения содержания гумуса в почвах Дагестана // Аридные экосистемы. 2002. Т. 8. № 17. С. 68–72.
- Залибеков З. Г. Почвы Дагестана. Махачкала: Изд-во ДГУ, 2010. 243 с.
- Стасюк Н. В., Быкова Е. П., Залибекова М. З., Саидов А. К. Дистанционные методы оценки земельных ресурсов Дагестана // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. № 2 (38). С. 52–62.
- Черкашин В. И., Абдулаев Ш.-С. О. Новая концепция устойчивости эколого-экономического развития горных экосистем (на примере Республики Дагестан) // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 4 (61). С. 5–10.
- Chernysheva E. V., Khomutova T. E., Kuznetsova T. V., Borisov A. V., Fornasier F. Effects of long-term medieval agriculture on soil properties: a case study from the Kislovodsk basin, Northern Caucasus, Russia // Journal of Mountain Science, Russia. 2018. V. 15. № 6. P. 1171–1185.

ТЕРМОФИЛЬНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ КАК ИНДИКАТОР МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

Каширская Н. Н.

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Россия*

THERMOPHILIC MICROORGANISMS AS AN INDICATOR OF SOIL MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION

Kashirskaya N. N.

*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

Corresponding e-mail: nkashirskaya81@gmail.com

Summary: the number of thermophilic bacteria and thermophilic actinomycetes in the soils of modern rural households in the Tula region was estimate. The maximum number of both groups of these microorganisms found in the soils of manure storage and cattle keeping area. Here the number of thermophilic microorganisms was two orders of magnitude higher than the background level. In soil of the abandoned potato field and in the arable areas of the potato field near to the manure storage, the number of thermophilic bacteria was higher than in the arable areas remote from the storage. At the same time, the number of thermophilic actinomycetes increased, as the location moves away from the manure storage. In the soils of the garden and vegetable garden, the number of thermophilic actinomycetes was significantly higher than in the soils of potato fields.

Keywords: thermophilic microorganisms, agricultural soils, fertilizers, manure

Известно, что термофильные микроорганизмы, развивающиеся в диапазоне температур от 60 до 80 °C, встречаются в разных поясах Земли, включая северную полосу. Микроорганизмы, развивающиеся при высокой температуре, были найдены в почвах Африки (Negre, 1913), Америки (Bergey, 1919; Feirer, 1927). В ненарушенных (некультивированных) почвах пустынной зоны, где температура может достигать 60 °C, количество термофильных микроорганизмов составляет от 5×10^2 до 3×10^4 КОЕ (колониеобразующих единиц) на г почвы (Aanniz et al, 2015; Okoro et al, 2009). Аналогичные значения $1.5\text{--}8.8 \times 10^4$ КОЕ на г почвы установлены для ненарушенных почв умеренной зоны (Marchant et al., 2002).

Почвенные термофильные микроорганизмы изучены в настоящее время не столь полно по сравнению с термофильными микроорганизмами экстремальных местообитаний (Бонч-Осмоловская, 2004). Присутствие термофилов было установлено даже в чрезвычайно холодных местообитаниях, таких как альпийские ледники (Margesin et al., 2002) и Антарктические почвы (Boyd, Boyd, 1963). Возможным источником пополнения почвенных теплолюбивых популяций является глобальный перенос на большие расстояния и последующее осаждение их в дождевых водах (Marchant et al., 2008).

Термофильные бактерии и актиномицеты известны как основные компостирующие агенты. Использование навоза и компоста в качестве удобрений имеет долгую историю. Бытовые ямы для компостирования органических отходов были выявлены в поселениях старше шести тысяч лет на территории современной Шотландии. В Месопотамии начали использовать

навоз в качестве удобрения около десяти тысяч лет назад (Patchaye et al., 2018). Обилие термофильных микроорганизмов в почвах древних сельскохозяйственных угодий является важным показателем, позволяющим установить использование органических удобрений в прошлом (Chernysheva et al., 2018).

Попадая в субстраты внешней среды, имеющие низкую температуру, термофильные микроорганизмы навоза переходят в покоящееся состояние. При этом удобрение почвы навозом, даже однократное, заметно увеличивает численность как мезофильных, так и термофильных микроорганизмов, что позволяет использовать их в качестве показателя специфического загрязнения окружающей среды (Мишустин и др., 1979).

Целью данной работы было исследование термофильных микроорганизмов заброшенных огородных и садовых почв традиционного сельского хозяйства Тульской области.

В почвах современного сельского домовладения Тульской области методом посева почвенной суспензии на глюкозо-пептонно-дрожжевую среду с использованием мясного пептона и дрожжевого пептона, при различных режимах ультразвуковой обработки и температурах инкубации 50 и 60 °С, была проведена оценка численности термофильных бактерий и актиномицетов. В большей части случаев для культивирования термофилов были оптимальны короткое время ультразвуковой обработки почвенной суспензии и использование мясного пептона в составе глюкозо-пептонно-дрожжевой среды. При низких значениях численности термофильных микроорганизмов нередко наблюдался их более активный рост при 50 °С по сравнению с ростом при 60 °С.

Среди всех участков усадьбы максимальным изобилием термофильных бактерий и актиномицетов характеризовалась почва на территории навозного хранилища, второе место занимала почва скотного двора. Здесь обилие термофилов было на 2 порядка выше, чем в фоновой почве за пределами усадьбы.

Луговой и садовый участки отличались более высокой численностью термофильных бактерий, по сравнению с численностью актиномицетов, а на огородном участке, где вносился только навоз, без применения минеральных удобрений, повышенные значения численности наблюдались как для бактерий, так и для актиномицетов. Кроме того, высокая численность термофильных бактерий была отмечена в почве залежного картофельного поля, где использовался только навоз.

На пахотных участках картофельного поля, близких к навозному хранилищу, численность термофильных бактерий была выше, чем на пахотных участках, удаленных от хранилища. При этом численность термофильных актиномицетов повышалась по мере удаления от навозного хранилища. В почвах сада и огорода численность термофильных актиномицетов была существенно выше, чем в почвах картофельных полей.

Увеличение уреазной активности в почвах на отдельных участках усадьбы не всегда было связано с увеличением численности термофильных микроорганизмов. Максимальные величины уреазной активности были зафиксированы в местах содержания и выпаса скота. В почвах окультуренных участков усадьбы уреазная активность была на уровне фоновой почвы.

В целом результаты нашего исследования подтверждают данные о том, что значительное увеличение количества термофильных бактерий можно наблюдать только при регулярном применении навоза крупного рогатого скота, компостов и других самонагревающихся органических материалов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 17-29-04257).

Литература

- Бонч-Осмоловская Е. А. Изучение термофильных микроорганизмов в Институте микробиологии // Микробиология. 2004. Т. 73. № 5. С. 644–658.
- Мишустин Е. Н., Перцовская М. И., Горбов В. А. Санитарная микробиология почвы. М., 1979.
- Aanniz T., Ouadghiri M., Melloul M., Swings J., Elfahime E., Ibijbijen J., Ismaili M., Amar M. Thermophilic bacteria in Moroccan hot springs, salt marshes and desert soils // Brazilian Journal of Microbiology. 2015. V. 46. № 2. P. 443–453. DOI: [10.1590/S1517-838246220140219](https://doi.org/10.1590/S1517-838246220140219)
- Bergey D. H. Thermophilic Bacteria // J Bacteriol. 1919. Jul. V. 4 (4). P. 301–306.
- Boyd W. L., Boyd J. W. Soil Microorganisms of the McMurdo Sound Area, Antarctica // Applied Microbiology, USA, Ohio. 1963. V. 11. P. 116–121. URL: <https://aem.asm.org/content/aem/11/2/116.full.pdf>
- Feirer W. A. Studies on some obligate thermophilic bacteria from soil // Soil Science. 1927. V. 23. Iss. 1.
- Marchant R., Banat I. M., Rahman T. J., Berzano M. The frequency and characteristics of highly thermophilic bacteria in cool soil environments // Environmental Microbiology, Northern Ireland, UK. 2002. V. 4. Issue 10. P. 595–602. DOI: [10.1046/j.1462-2920.2002.00344.x](https://doi.org/10.1046/j.1462-2920.2002.00344.x)
- Marchant R., Franzetti A., Pavlostathis S. G., Tas D. O., Erdbrügger I., Únyayar A., Mazmanci M. A., Banat I. M., Thermophilic bacteria in cool temperate soils: are they metabolically active or continually added by global atmospheric transport? // Applied Microbiology and Biotechnology, Northern Ireland, UK. 2008. V. 78. Issue 5. P. 841–852. DOI: [10.1007/s00253-008-1372-y](https://doi.org/10.1007/s00253-008-1372-y)
- Margesin R., Zacke G., Schinner F., Characterization of heterotrophic microorganisms in alpine glacier cryoconite // Arctic, Antarctic, and Alpine Research, Austria. 2002. V. 34. Issue 1. P. 89–93. DOI: [10.1080/15230430.2002.12003472](https://doi.org/10.1080/15230430.2002.12003472)
- Negre L. Bacteries thermophiles des sables du Sahara // CR Biol. 1913.
- Patchaye M., Sundarkrishnan B., Tamilselvan S., Sakthivel N., Microbial management of organic waste in agroecosystem // Panpatte D. G., Jhala Y. K., Shelat H. N., Vyas R. V. (eds.). Microorganisms for green revolution. Microorganisms for Sustainability. Vol. 7. Singapore: Springer, 2018. P. 45–74. DOI: [10.1007/978-981-10-7146-1_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7146-1_3)
- Chernysheva E. V., Khomutova T. E., Kuznetsova T. V., Borisov A. V., Fornasier F. Effects of long-term medieval agriculture on soil properties: a case study from the Kislovodsk basin, Northern Caucasus, Russia // Journal of Mountain Science, Russia. 2018. V. 15. № 6. P. 1171–1185.

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ФЛОРЫ БОРОВ РУССКОЙ РАВНИНЫ
НА ЮЖНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Кин Н. О.

Институт степи УрО РАН, Оренбург, Россия

**FEATURES OF THE GEOGRAPHIC STRUCTURE OF DIFFERENTIAL SPECIES
OF PINE FORESTS FLORA OF THE RUSSIAN PLAIN
ON THE SOUTHERN LIMIT OF THE *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Kin N. O.

*Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg, Russia*

Corresponding e-mail: kin_no@mail.ru

Summary: among the differential species of flora of the forest-steppe forests of the Oksko-Don lowland, forest and forest-steppe species with a Holarctic and European-West Asian prevail. Among the differential species of pine forests of the steppe zone of the Volga region, steppe species with a Eurasian and East European-Asian range predominate.

Keywords: the pine forests of the Russian Plain, differential species, native flora fraction, geographical structure, latitudinal and longitudinal groups, endemic specie

Одним из важных моментов в сравнительной флористике является выявление дифференциальных видов, которые встречаются только в одной из сравниваемых флор (Камелин, 2017). Эти виды определяют уникальность и особенность флоры. Нами сравнивались флоры боров Русской равнины на южном пределе распространения сосны обыкновенной: Усманского и Хреновского, расположенных в лесостепи Окско-Донской низменности (Милюков, 1977), Бузулукского и Красносамарского, находящихся в степной зоне Заволжья (Бузулукский бор, 1949). Для флоры каждого бора, а также их аборигенных и адвентивных фракций, установлены дифференциальные виды (Кин, 2019). Рассматривая состав и структуру дифференциальных видов, мы отметили, что наилучшим образом характер каждой из сравниваемых флор отображается в географической структуре аборигенной фракции флор.

В ходе определения географического спектра исследуемых боров выявлено 11 широтных групп. Бореальная группа включает арктобореальные и собственно бореальные виды, ценоарал которых находится в таежной природно-географической зоне. К этой группе принадлежит значительное количество дифференциальных видов Усманского бора (18.2 %). В остальных борах доля видов, относящихся к этой группе, составляет от 2–2.5 % в Красносамарском и Хреновском борах соответственно, до 7.3 % в Бузулукском бору. Бореально-неморальная группа объединяет виды растений, которые имеют распространение на границе таежных и широколиственных лесов. Многие дифференциальные виды Усманского бора (18.2 %) входят в состав этой группы. В других борах доля видов, относящихся к этой широтной группе, ниже – от 4.0 % в Красносамарском до 10.2 и 12.5 % в Бузулукском и Хреновском борах

соответственно, но относительно предыдущей группы заметно увеличилась. Виды, равномерно распространенные в зоне бореальных и широколиственных лесов, а также лесостепной зоне, объединены в бореально-неморально-лесостепную группу. Представителей этой группы среди дифференциальных видов во флорах исследуемых боров не много. На их долю приходится от 2.5 % в Хреновском, 6.1 % в Усманском – до 8.8 % в Бузулукском боре, а в Красносамарском вовсе отсутствуют.

Неморальная группа объединяет виды, основной ареал, которых, находится в зоне лиственных лесов. В этой группе содержится равная доля дифференциальных видов флор лесостепных боров Окско-Донской низменности: Усманском (10.6 %) и Хреновском (10.0 %), и боров степного Заволжья: Бузулукском (5.9 %) и Красносамарском (6.0 %). В неморально-лесостепную группу сведены виды пограничных зон – лиственных лесов и лесостепи. Группа немногочисленна, процент содержания дифференциальных видов колеблется от 4.4 % в Бузулукском и 5.3 % в Усманском, до 10.0 % в Хреновском боре. Во флоре Красносамарского бора дифференциальных видов, относящихся к этой группе, не отмечено. Единичные представители неморально-лесостепной и степной группы имеются в Усманском (*Potentilla reptans* L.) и Бузулукском (*Euphorbia esula* L.) борах. В отличие от предыдущей, представители неморально-лесостепной и степной группы в большей мере приурочены к степной зоне.

Представители лесостепной широтной группы имеют ценоареал в соответствующей зоне и отмечены среди дифференциальных видов во флорах всех боров. Тем не менее, в борах степного Заволжья – Бузулукском и Красносамарском – таких видов по одному *Chondrilla brevistrois* Fisch. & Mey. и *Polygala vulgaris* L., соответственно. В лесостепных борах Окско-Донской низменности – Усманском и Хреновском – количество видов с лесостепным ареалом больше – 12.9 и 22.5 % соответственно. Следует отметить, что в Усманском бору, по сравнению с представителями бореальной и бореально-неморальной групп, количество лесостепных снижается среди дифференциальных видов. В Хреновском бору, напротив, эта группа является одной из самых многочисленных. Существенная разница между борами обнаруживается при рассмотрении лесостепной и степной широтной группы. В Окско-Донских борах значимость этой группы снижается по сравнению с Заволжскими. Здесь, в Бузулукском и Красносамарском борах, доля дифференциальных видов с лесостепным и степным ареалом высока: 14.7 и 40.0 % соответственно. В Усманском бору процент видов лесостепной и степной группы составляет 5.3 %, а в Хреновском – 12.5 %. Эта же тенденция прослеживается и для степной широтной группы. Степные боры – Бузулукский и Красносамарский – имеют наибольшее количество дифференциальных видов именно в степной группе и составляют 30.9 и 44.0 % соответственно. В лесостепных борах – Усманском (9.1 %) и Хреновском (20.0 %) процент представителей этой группы среди дифференциальных видов ниже. Тем не менее в Хреновском бору каждый пятый дифференциальный вид принадлежит этой группе, что объясняется его южным, относительно Усманского бора, расположением и усилением влияния степной зоны.

Плюризональная группа объединяет виды, имеющие одинаково хорошее распространение более чем в трех природных зонах. В Усманском (12.9 %) и Бузулукском (16.2 %) борах представителей этой группы больше, чем в Хреновском (7.5 %) и Красносамарском (2.0 %).

В географической структуре долготного направления выявлено 74 элемента, которые удалось объединить в 16 групп.

В Усманском бору дифференциальные виды аборигенной фракции распределены в 12 долготных группах. Значительная часть этих видов с европейским (18.9 %) и голарктическим (16.7 %) распространением, меньше с европейско-западноазиатским (12.9 %) и

евразиатским (10.6 %). Уникальность флоре придает южноуральский горно-степной эндемик *Thymus glabrescens* Willd., занимающий в бору подходящие места обитания на железнодорожной насыпи (Стародубцева, 1999).

В Хреновском бору дифференциальные виды аборигенной фракции флоры объединены в 11 долготных группах, где наиболее насыщенной видами является европейско-западноазиатская (27.5 %). Меньше таких видов в восточноевропейско-азиатской (17.5 %), евразиатской (15.0 %) и европейско-югозападноазиатской (12.5 %) группах. Здесь отмечено 3 эндемика, 2 из них восточноевропейские: лесостепной эндемик речных песков *Centaurea sophiae* Klok. и степной узколокальный эндемик боровых песков *C. pineticola* Пjin. и 1 восточноевропейско-южносибирский степной – *Festuca wolgensis* P. Smirn – встречается в бору на песках по открытым местам.

Дифференциальные виды аборигенной фракции Бузулукского бора распределены в 14 долготных группах со значительным преобладанием представителей в евразиатской (27.9 %) и восточноевропейско-азиатской (19.1 %). Меньше здесь видов с евросибирским (13.2 %) и европейско-западноазиатским (10.3 %) ареалами. Оригинальность флоре придают 3 эндемика, встречающиеся на территории Бузулукского бора: южноуральский неморальный *Lathyrus litvinovii* Пjin. – в бору встречается редко среди кустарников по лесным опушкам; поволжско-южноуральский горно-степной *Astragalus wolgensis* Bunge. – занимающий степные участки в этом лесном массиве; уральский суббореально-монтанный *Elytrigia reflexiaristata* (Nevski) Nevski. – отмеченный здесь на песчаных степных участках.

В Красносамарском бору дифференциальные виды аборигенной фракции флоры распределены в 11 долготных группах. Половина этих видов имеет восточноевропейско-азиатский (46.0 %) ареал. Остальные группы малочисленны и содержат от 1 до 5 видов. Оригинальность флоре бора придает южноуральский горно-степной эндемик *Dianthus uralensis* Korsh. – заходящий в бор по степным песчаным местам.

Установленная географическая структура дифференциальных видов аборигенной фракции флор исследуемых боров позволила сделать следующее заключение. Дифференциальные виды флор лесостепных боров Окско-Донской низменности представлены в основном – в Усманском бору – лесными (бореальными, бореально-неморальными и неморальными) таксонами, имеющими ареал как в Голарктике в целом, так и в европейской, европейско-, западно- и североазиатской части материка. В Хреновском бору, расположенном в 95 км юго-восточнее Усманского бора, больше представителей лесостепной зоны. Высока здесь доля и неморальных видов, со смещением ареалов в таежную (бореально-неморальные) и лесостепную (неморально-лесостепные) зоны. В долготном отношении большую значимость приобретают европейско-западноазиатские виды.

Дифференциальные виды аборигенной фракции флоры боров степного Заволжья, Бузулукского и Красносамарского, принадлежат, в основном, к степной широтной группе. Наибольшая доля этих видов имеет евразиатский и восточноевропейско-азиатский ареалы.

Благодарности

Работа выполнена в рамках плановой бюджетной темы института «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» № АААА-А17-117012610022-5 и при частичной поддержке гранта РФФИ 18-05-00688.

Литература

- Бузулукский бор. Общий очерк и лесные культуры. Под ред. В. Г. Нестерова. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. Т. I. С. 5–13.
- Камелин Р. В. Флора севера Европейской России (в сравнении с близлежащими территориями): учеб. пособие. СПб.: Изд-во ВВМ, 2017. 241 с.
- Мильков Ф. Н. Природные зоны СССР. М.: Мысль, 1977. 293 с.
- Стародубцева Е. А. Сосудистые растения. Флора Воронежского заповедника: сосудистые растения, мохообразные, лишайники, грибы // Флора и фауна заповедников. Вып. 78. М., 1999. С. 5–96.
- Kin N. O. The similarity and difference in the flora of the pine forest on the southern border of the range of *Pinus sylvestris* L. // BIO Web of Conferences. 2019. V. 16. Article 00011. DOI: [10.1051/bioconf/20191600011](https://doi.org/10.1051/bioconf/20191600011)

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЕОБОТАНИЧЕСКОГО
КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОЙ КОРЯКИИ**

Кириченко В. Е.¹, Нешатаева В. Ю.², Нешатаев В. Ю.³

¹*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
Петропавловск-Камчатский, Россия*

²*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

³*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия*

**APPLICATION OF GIS-TECHNOLOGIES
FOR GEOBOTANICAL MAPPING AND ANALYSIS OF VEGETATION COVER
DIFFERENTIATION IN NORTHERN KORYAKIA**

Kirichenko V. E.¹, Neshataeva V. Yu.², Neshatayev V. Yu.³

¹*Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia,
ORCID: 0000-0002-6899-0042*

²*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: 0000-0003-2718-3831*

³*Saint-Petersburg State Forest-Technical University, Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: 0000-0002-7799-9874*

Corresponding e-mail: vneshatayeva@binran.ru

Summary. the integrated analysis algorithm based on the interpretation of multi-seasonal imagery, digital elevation model, long-term series of meteorological data, and field geobotanical data has been developed in order to create the map of actual and natural potential vegetation cover of the North of the Koryak Land.

Keywords: plant cover differentiation, vegetation mapping, Koryak Region, Beringian forest-tundra zone

В 2011–2019 гг. проведены полевые геоботанические исследования в Олюторском и Пенжинском районах Корякского округа, охватившие побережье залива Корфа, п-ов Говена, побережье Олюторского залива, юго-восточную часть Корякского нагорья, Параспольский дол и долину р. Пенжины, Пенжинский хребет (Нешатаева и др., 2014, 2016, 2018а, 2018б, 2018в; Нешатаев и др., 2017; и др.). В пределах 6 модельных территорий заложен ряд ключевых участков, отличающихся по геоморфологическим особенностям и набору местообитаний. Ключевые участки покрыты сетью маршрутов. В типичных местообитаниях заложены пробные площади размерами: в лесах – 400 м² (20 × 20 м), в стланиковых, кустарниковых, тундровых, луговых и болотных сообществах – 100 м² (10 × 10 м). На пробных площадях выполнены детальные геоботанические описания с полным выявлением видового состава сосудистых растений, мохообразных и лишайников, с оценкой проективного покрытия (в %) для каждого

яруса и каждого вида. Координаты пробных площадей определяли с помощью навигаторов Garmin, использующих системы позиционирования GPS и GLONASS. Для каждой пробной площади определены высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склона, положение в рельефе, глубина залегания многолетней мерзлоты, мощность органогенного горизонта или торфяной залежи. Количественные характеристики местообитаний использованы для анализа распределения растительных сообществ по градиентам экологических факторов. Выполнено около 600 геоботанических описаний; охарактеризованы сообщества лиственничных, каменноберезовых, белоберезовых и пойменных лесов, кедровых и ольховых стлаников, кустарниковых ивняков, ерников, горных тундр. Растительный покров южных и восточных районов Корякского нагорья характеризуется сниженной высотной поясностью: до высот 400–500 м н. у. м. преобладают сообщества кедрового (*Pinus pumila*) и ольхового (*Alnus fruticosa* s. l.) стлаников в сочетании с сообществами березки Миддердорфа (*Betula middendorffii*) и участками лишайниково-кустарничковых тундр. На высотах 500–600 м господствуют кустарничково-лишайниковые и лишайниковые горные тундры. На высотах более 700–800 м распространены каменные осыпи и россыпи с преобладанием накипных лишайников. Вдоль рек узкой полосой тянутся пойменные леса из тополя (*Populus suaveolens*), чозении (*Chosenia arbutifolia*) и древовидных ив (*Salix udensis*, *S. schwerinii*).

Начиная с 2016 г., на основе компьютерной программы TURBOVEG (Hennekens, Schaminée, 2001) формируется геоботаническая база данных «Растительность Северной Корякии». Она включает геоботанические описания растительных сообществ, выполненные авторским коллективом или опубликованные другими исследователями. База геоботанических данных необходима для дешифрирования дистанционных изображений, обобщения сведений о растительном покрове севера Корякского округа и сравнения их с растительным покровом сопредельных районов Берингийской кустарниковой (лесотундровой) области и Камчатской лиственнично-лесной подобласти таежной области.

Для кластерных участков Корякского государственного заповедника («Парапольский дол», «Полуостров Говена» и «Бухта Лаврова») накоплен массив наземных данных по флористическому и ценолитическому разнообразию растительного покрова, но карт растительности среднего масштаба, составленных с использованием современных методов обработки данных дистанционного зондирования земли и цифровых моделей рельефа (ЦМР), до настоящего времени не имелось.

На основе обобщения и анализа многолетних рядов метеоданных с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), на основании классификации типов климата Кеппена-Гейгера (Koeppen-Geiger climate types) составлены биоклиматические карты и разработано мелкомасштабное биоклиматическое районирование Северной Корякии. Разработан комплексный метод дешифрирования дистанционных изображений, основанный на совмещении цифровой 3D-модели рельефа и серии разновременных космических изображений, отличающихся по сезонам года (весна – лето – осень), отражающих различные фенологические состояния растительного покрова. Сочетания снимков «зима–лето» позволили с высокой точностью установить границы контуров растительного покрова (леса–стланики–тундры) и выявить границы высотных поясов растительности. Метод был успешно использован для дешифрирования спутниковых изображений горных территорий Камчатки и Северной Корякии (Кириченко, 2016). Составлены карты растительности 6 ключевых участков (М 1:250 000; 1:300 000) и разработана легенда к ним. Результаты картографических работ использованы для геоботанического районирования территории.

В качестве исходных данных для картографирования использованы имеющиеся в свободном доступе данные ДДЗ среднего, высокого и сверхвысокого разрешений со спутников MODIS, Landsat, Sentinel, QuickBird, GeoEye, WorldView и др. за весь доступный период съемки с 1974-го по 2019 г. Для картографирования лесорастительных условий по топографическим характеристикам в анализе были использованы ЦМР различного разрешения: GMTED 2010 (250 м), SRTM (90 и 25 м), ASTER GDEMv2 (16 м).

Обработка данных осуществлялась с использованием программных пакетов ArcGIS 10, ERDAS Imagine 2014. Для автоматизированной классификации спектральных признаков спутниковых данных и характеристик рельефа – высоты над уровнем моря (м), экспозиции и крутизны склона (град.) – использовали как пиксельные подходы (ISODATA), так и объектно-ориентированный метод сегментации (Multiresolution). На основе ЦМР были рассчитаны двухслойные растровые изображения (ЦМР-композиции): Sin(a) и Cos(a), где a – угол солнечной экспозиции пикселя. Многоканальные ДДЗ- и ЦМР-композиции подвергали двухуровневой автоматической сегментации с заданными уровнями пространственной детализации. Полученные ДДЗ- и ЦМР-сегменты объединяли в единый слой базовых полигонов, которые классифицировали методом максимального правдоподобия с использованием обучающих выборок эталонных пробных площадей. В качестве дополнительной информации были использованы цифровая база данных и векторные карты лесоустройства с границами лесотаксационных выделов и кварталов, материалы наземных геоботанических исследований 2016–2019 гг. и литературные данные.

При составлении геоботанических карт ключевых участков (М 1:200 000) и разработке легенды к ним применяли эколого-фитоценотический метод классификации растительности. С использованием разработанного алгоритма составлены карты растительности модельных территорий. На их основе, с помощью системы сопряженного анализа и классификации наземных и дистанционных данных в пакете ArcGIS, а также имеющейся базы геоботанических данных, начата работа по созданию карты актуальной растительности Северной Корякии (М 1:500 000), отражающей закономерности дифференциации растительного покрова ее территории. С помощью карты растительности будут уточнены границы нового геоботанического районирования Корякского округа (Нешатаева, 2018) и определены важнейшие ботанико-географические рубежи в пределах Берингийской кустарниковой (лесотундровой) области.

Благодарности

Исследования поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований, проект № 19-05-00805-а.

Литература

- Кириченко В. Е. Карта растительности Камчатского края масштаба 1:1 000 000 // Вопросы географии Камчатки. Вып. 14. Петропавловск-Камчатский, 2016. С. 184–2012.
- Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю., Якубов В. В. Растительность акватории озера Таловское и его окрестностей (Парапольский дол, Пенжинский р-н Камчатского края) // Растительность России. 2017. № 31. С. 63–80.
- Нешатаева В. Ю., Нешатаев В. Ю., Кораблев А. П., Кузьмина Е. Ю. Растительность приморских маршей побережья залива Корфа (Олиторский район Камчатского края) // Ботанический журнал. 2014. Т. 99. № 8. С. 868–894.
- Нешатаева В. Ю. Растительный покров Севера Корякского округа (Камчатский край) и его геоботаническое районирование // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Междунар. науч. конф. (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. университета, 2018а. С. 608–613.

- Нешатаева В. Ю., Кораблев А. П., Нешатаев В. Ю. Каменноберезовые леса юга Корякского нагорья (Камчатский край) на северном пределе распространения // Ботанический журнал. 2016. Т. 101. № 12. С. 1410–1429.
- Нешатаева В. Ю., Нешатаев В. Ю. Тундровая растительность полуострова Говена (Корякский округ Камчатского края) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018б. Т. 12. № 4. С. 65–93.
- Нешатаева В. Ю., Нешатаев В. Ю., Кораблев А. П., Катютин П. Н. Пойменные леса Пенжинского района Камчатского края // Ботанический журнал. 2018в. Т. 103. № 10. С. 1212–1239.
- Hennekens S. M., Schaminée J. H. J. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data // J. Veg. Sci. 2001. № 12. P. 589–591.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ГЕРБАРИЯ И КОЛЛЕКЦИИ СЕМЯН И ПЛОДОВ РАСТЕНИЙ-ИНТРОДУЦЕНТОВ

Князева С. Г., Седаева М. И.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

THE RESULTS OF DEVELOPMENT OF VIRTUAL HERBARIUM AND COLLECTION OF SEED AND FRUITS OF INTRODUCED PLANTS

Knyazeva S. G., Sedaeva M. I.

Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

Corresponding e-mail: knyazevas@mail.ru

Summary: the results of development of virtual collection of seed and fruits of introduced plants are presented. The main aim of the database is systematization of large number of the information on seeds and fruits features of arboreal plants and the results of their introduction on the territory of Siberia. At present, the collection consists of 240 species and 85 genus from 37 families.

Keywords: database, virtual collection, introduction

Институт леса занимается интродукцией древесных растений в Красноярском крае более 60 лет (Лоскутов, 1991). Проводятся исследования по акклиматизации древесных растений, их росту и развитию в новых условиях, ведется отбор перспективных видов для южной части тайги Средней Сибири, проводятся исследования плодоношения, семенного и вегетативного размножения экзотов (Протопопова, 1966, 1972, 1989; Лоскутов, 1984; Нелюбина, 1999; Вяткина и др., 2004; Седаева, 2004). К настоящему времени прошли испытания более 400 видов, разновидностей и форм древесных растений из самых различных ботанико-географических областей.

В результате проводимых исследований накоплен большой фактический материал по введению в культуру древесных растений, в том числе собраны гербарий и коллекция семян и плодов растений, многие из которых проходили испытания на экспериментальных площадках института.

С целью систематизации накопленного материала, его удобного хранения и доступа к нему, нами создается база данных «Коллекция семян и плодов» (Князева, Седаева, 2011) и виртуальный гербарий. Для представления базы в сети Интернет создается аналог на языке HTML. В базе данных предусматривается поиск по латинским и русским названиям видов, родов и семейств. Страница о виде содержит информацию о естественном распространении вида, небольшое ботаническое описание растения, его плодов и семян, а также сведения из истории интродукции вида, в том числе в условиях дендрария Института леса. Приведены источники получения исходного материала, сведения о предпосевной подготовке семян, о размерах выращенных сеянцев и саженцев, зимостойкости (Протопопова, 1972; Лоскутов, 1991). Также приведены фотографии семян и плодов и самих растений в интродукции. Дополнительная галерея фотографий позволяет увидеть растения в условиях дендрария в разное время года.

Также заносятся в базу параметры семян, плодов и сеянцев, получаемых при проведении экспериментов по проращиванию семян. В настоящее время в базе данных 240 видов и 85 родов из 37 семейств. Из них 44 вида голосеменных растений (семейства Cupressaceae, Pinaceae, Taxaceae, Ephedraceae). Среди покрытосеменных преобладают виды семейства Розоцветные (53 вида), Кизиловые (18 видов), Жимолостные (16 видов), Вересковые (15 видов), Кленовые (14 видов).

Кроме того, сотрудниками института собран и продолжает пополняться гербарий древесных растений. В настоящее время проводится его оцифровка и создается база данных. Для каждого образца указывается место сбора гербарного материала, делается его описание и фотографии. Для видов, имеющих в коллекции дендрария, представлены дополнительные фотографии растения в интродукции, его семян, плодов, пыльцы, цветов, шишек. Отдельные места сбора для каждого вида можно увидеть и посмотреть подробнее с помощью интерактивной карты ареала вида.

Создание виртуальных коллекций растений позволяет сохранять и систематизировать накопленный фактический материал, а также быстро и эффективно получать и обрабатывать информацию, что может быть полезным для ботаников и селекционеров.

Благодарности

Исследования выполнены по базовому проекту № АААА-А17-117101820003-0 и при поддержке гранта РФФИ № 18-04-00616.

Литература

- Вяткина Е. И., Яценко М. Ю., Седаева М. И. Опыт выращивания интродуцированных видов кленов в дендрарии института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы VII Международной научной конференции. Красноярск, 2004. С. 39–44.
- Князева С. Г., Седаева М. И. Создание виртуальной коллекции семян и плодов растений-интродуцентов // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования: материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 80-летию со дня рождения академика Л. Н. Андреева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. С. 282–284.
- Лоскутов Р. И. Выращивание древесных растений из разных ботанико-географических областей в южной части Средней Сибири // Изменчивость и интродукция древесных растений Сибири. Красноярск: ИЛИД СО РАН СССР, 1984. 176 с.
- Лоскутов Р. И. Интродукция декоративных древесных растений в южной части Средней Сибири. Красноярск: ИЛИД СО РАН СССР, 1991. 189 с.
- Нелюбина М. И. Использование морфологических признаков для оценки состояния интродуцентов // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск, 1999. С. 64–65.
- Нелюбина М. И. Инвентаризация насаждений Погорельского дендрария Института леса // Ботан. исслед. в Сибири. Красноярск, 2000. Вып. 8. С. 67–71.
- Протопопова Е. Н. Вегетативное размножение хвойных пород в южных районах Красноярского края. Красноярск: ИЛИД СО РАН СССР, 1989. 16 с.
- Протопопова Е. Н. Новые древесные породы Сибири. М.: Наука, 1966. 104 с.
- Протопопова Е. Н. Рекомендации по озеленению городов и рабочих поселков Средней Сибири. Красноярск: ИЛИД СО РАН СССР, 1972. 147 с.

**ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ ЦСБС СО РАН:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Ковтонюк Н. К.

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

**CSBG SB RAS DIGITAL HERBARIUM:
MODERN STATE AND PROSPECTS**

Kovtonyuk N. K.

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

ORCID: [0000-0002-4018-6634](https://orcid.org/0000-0002-4018-6634)

Corresponding e-mail: nkovtonyuk@csbg.nsc.ru

Summary: central Siberian Botanical Garden SB RAS has two herbaria collections with their own acronyms and registrations in the Index Herbariorum (NS and NSK). Both collections contain about 814 000 herbarium specimens of higher vascular plants, mosses, lichens and fungi collected in different regions of Siberia, the Russian Far East, Europe, Asia, North America and Australia. In 2017 a new research group Unique Scientific Unit–Herbarium (USU–Herbarium) was organized in the CSBG for digitization and management of herbarium collections. Earlier approximately 9 500 herbarium sheets were digitized by customized scanner *Herbscan* (Kew, Great Britain), according to the international standards, at 600 dpi, with a barcode, 24-color scale and scale bar. Now we use two *ObjectScan 1600* for digitizing and creating the CSBG SB RAS Digital herbarium. Images and metadata are stored in the CSBG Database generated by *ScanWizard Botany* and *MiVapp Botany* software (*Microtek*, Taiwan). After verification the digital specimens are available for researchers worldwide (<http://herb.csbg.nsc.ru:8081>). Currently about 40 000 herbarium specimens from NS and NSK have been digitized at 600 dpi. In our internal database each image is provided with the following information: barcode, type status, genus name, species name, author's name, intraspecific name, family name, collector's name, field collection number, date (YYYY-MM-DD), country, administrative region, latitude (degrees and minutes), longitude (degrees and minutes), label text, name of identifier, annotation and accepted name in the Catalogue of Life (CoL) with a link to this database. Data from herbarium labels are entered in 26 fields in the Calc tables of the LibreOffice software package. Parsing information from herbarium labels allows the placement of queries, exporting electronic tables to other media, such as domestic bio-resource networks or international databases, GBIF resources and processing statistical data. The results of digitization are published in 9 datasets through IPT placed at CSBG server as GBIF occurrences resources.

Keywords: biodiversity, Central Siberian Botanical Garden, digitization, digital herbarium collections, GBIF

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН – крупнейшее ботаническое научно-исследовательское учреждение на территории Азиатской России. Первые справочные гербарные коллекции, входящие в фонды гербариев ЦСБС, начали формироваться в 1946 г. сотрудниками лаборатории Геоботаники Медико-биологического института Западно-Сибирского филиала АН СССР в г. Новосибирске. Позднее была организована группа, а затем и лаборатория Гербария как самостоятельное структурное подразделение ЦСБС под руководством Ивана Моисеевича Красноборова. Эта гербарная коллекция зарегистрирована в Index Herbariorum (IH) с акронимом NS и носит имя И. М. Красноборова. Объем коллекции NS около 440 тыс. гербарных листов высших сосудистых растений вместе с дублетами, наибольшее количество

сборов из Западной Сибири, Тувы, российского Дальнего Востока, а также представлены гербарные образцы из Восточной Европы, Зарубежной Азии, Северной Америки, Австралии.

Вторая крупная гербарная коллекция в ЦСБС – Гербарий им. М. Г. Попова. Коллекция была основана в 1951 г. Михаилом Григорьевичем Поповым в г. Иркутске. В 1978 г. коллекция переведена вместе с сотрудниками в Новосибирск в ЦСБС СО РАН и в 1991 г. зарегистрирована в ИИ с акронимом NSK. Коллекция NSK насчитывает около 300 тыс. гербарных образцов высших сосудистых растений, свыше 20 тыс. пакетов мхов, около 14 тыс. образцов микологического гербария и более 40 тыс. образцов лишайников. Исторически сложилось так, что в настоящее время в ЦСБС СО РАН хранятся две гербарные коллекции NS и NSK, образующие консорциум с общим фондом гербарных образцов около 814 тыс., из них 740 тыс. гербарных листов высших сосудистых растений. Точный объем коллекций будет известен по завершении процесса инсерации и штрихкодирования каждого гербарного образца.

В декабре 2017 г. в ЦСБС СО РАН была организована исследовательская группа УНУ-Гербарий для проведения инсерации, оцифровки и модернизации гербарных коллекций ЦСБС СО РАН в составе 7 человек: 2 старших лаборанта для монтирования гербария, 2 инженера – технических куратора коллекций NS и NSK высших сосудистых растений, 2 научных сотрудника, к.б.н., – для работы по оцифровке гербария и созданию Цифрового гербария и руководитель группы, к.б.н., старший научный сотрудник. У нас был опыт сканирования на *Herbscan* 9 500 гербарных листов из коллекции NSK, но не было опыта создания Цифрового гербария, нужна была база данных, в которой можно проводить поиск по запросам. Первый, 2018-й, год работы новой группы УНУ-Гербарий прошел под девизом «Ни дня без открытий!». Мы осваивали сканирование на *ObjectScan* 1600 и сталкивались с недоработками специализированных программ *ScanWizard Botany* и *MiVapp Botany* (*Microtek*, Taiwan). Программисты Микротек, в ответ на наши рекомендации, исправляли ошибки в программных продуктах. В 2019 г. состав группы УНУ-Гербарий дирекция ЦСБС усилила специалистом по IT-технологиям, нам стало легче работать с базой данных по Цифровому гербарии. Цифровое изображение гербарного листа сохраняется в формате TIF, объемом около 200 Мб (может высылаться по запросу), и в формате JPG, доступном для скачивания пользователями. Информация об оцифрованных гербарных образцах разносится по 26 столбцам в таблице *Calc* из пакета *LibreOffice* и в дальнейшем публикуется в формате Darwin Core на портале Global Biodiversity Information Facilities (GBIF, gbif.org) в открытом доступе.

Цифровой гербарий документирует мировое биоразнообразие (Ковтонюк, 2015, 2017; Meineke et al., 2018; Kislov et al., 2017; Seregin, 2018) и может использоваться в качестве основы для разных типов биоресурсных, исследовательских и образовательных проектов (Ковтонюк, Хан, Гатилова, Пшеничкина, 2019), для фенологических исследований (Ellwood et al., 2019), для таксономических обработок при подготовке различных флор, в том числе и «Флоры России» (Ковтонюк, Хан, Гатилова, 2018, 2019; Kovtonyuk, Tomoshevich, Banaev, 2019), для изучения ареалов редких и инвазивных видов. Биоресурсные коллекции и цифровые гербарии сейчас создаются во многих биологических организациях, все они могут иметь разный набор программ для создания баз данных и выполнять разные задачи по изучению биоразнообразия. Объединяет все эти ресурсы возможность опубликовать результаты своих исследований и наблюдений на портале GBIF, используя стандарты Darwin Core. 18 сентября 2018 г. ЦСБС СО РАН присоединился к организациям, публикующим результаты оцифровки гербарных образцов в GBIF, – всего через 4 дня после II Международной конференции «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия» в Иркутске (Kovtonyuk, Han, Gatilova, 2018, 2019). В 2019 г. ЦСБС СО РАН установил на своем сервере пакет программ Integrated Publishing Toolkit (IPT) и

предлагает ботаническим организациям Азиатской России публиковать свои данные в GBIF через наш IPT.

К началу 2020 г. ЦСБС СО РАН опубликовал 9 датасетов с результатами оцифровки 34 894 гербарных образцов высших сосудистых растений из коллекций NS и NSK. Мы начали оцифровку по таксономическому принципу, полностью обработав семейства Primulaceae, Geraniaceae, Sparganiaceae, а также роды *Allium*, *Medicago*, *Rhododendron* в наших коллекциях, тем самым облегчая работу специалистам-систематикам в работе над проектом «Флора России». Теперь не нужно оплачивать доступ в JSTOR, чтобы посмотреть наши типовые образцы, мы сделали их доступными, опубликовав в GBIF типотеку гербария NSK (Kovtonyuk et al., 2019). Наши датасеты снабжены геолокацией гербарных сборов, качественными оцифрованными изображениями гербарных листов, выполненными по международным стандартам: каждый гербарный лист снабжен баркодом, оцифровка проводилась при оптическом разрешении в 600 dpi, в сопровождении цветовой шкалы и масштабной линейки. Дальнейшие перспективы работы по наполнению Цифрового гербария ЦСБС СО РАН напрямую зависят от финансирования. При наличии дополнительных средств процесс оцифровки, верификации образцов, геолокации гербарных сборов можно значительно ускорить.

Благодарности

Выражаю искреннюю признательность за моральную и техническую поддержку в публикации данных в GBIF и установку сибирского IPT Д. Щигелю, М. Шашкову, Н. Ивановой. Благодарю сотрудников группы УНУ-Гербарий и группы научно-образовательных программ за помощь в работе. В статье использовались материалы биоресурсной коллекции УНУ «Гербарий сосудистых растений, лишайников и грибов (NS, NSK)», зарегистрированной на сайте ckp-rf.ru как USU 440537.

Литература

- Ковтонюк Н. К. Виртуальная коллекция типовых образцов гербария имени М. Г. Попова // Раст. мир Азиатской России. 2015. № 3 (19). С. 88–93. URL: <http://izdatgeo.ru/pdf/rast/2015-3/88.pdf>
- Ковтонюк Н. К. Виртуальные гербарные коллекции как ресурс для изучения таксономии и биоразнообразия // Раст. мир Азиатской России. 2017. № 1 (25). С. 98–104. DOI: [10.21782/RMAR1995-2449-2017-1\(98-104\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2017-1(98-104))
- Ковтонюк Н. К., Хан И. В., Гатилова Е. А. Семейство Primulaceae в виртуальном гербарии Центрального сибирского ботанического сада СО РАН // Раст. мир Азиатской России. 2018. № 4 (32). С. 19–29. DOI: [10.21782/RMAR1995-2449-2018-4\(19-29\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2018-4(19-29))
- Ковтонюк Н. К., Хан И. В., Гатилова Е. А., Пшеничкина Ю. А. Цифровой гербарий ЦСБС СО РАН в Глобальной информационной системе по биоразнообразию // Раст. мир Азиатской России. 2019. № 4 (36). С. 68–73. DOI: [10.21782/RMAR1995-2449-2019-4\(68-73\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2019-4(68-73))
- Kislov D. E., Bakalin V. A., Pimenova E. A., Verkhohat V. P., Krestov P. V. An electronic management system for a digital herbarium: development and future prospects // Bot. Pacifica. 2017. № 2. P. 59–68. DOI: [10.17581/bp.2017.06207](https://doi.org/10.17581/bp.2017.06207)
- Kovtonyuk N., Han I., Gatilova E. Digital Herbarium Collections of the Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia // Bychkov I., Voronin V. (eds.). Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer, 2019. P. 22–27. DOI: [10.1007/978-3-030-11720-7_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7_4)
- Kovtonyuk N., Han I., Gatilova E. Digitization of vascular plant herbarium collections at the Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk, Russia // Skvortsovia. 2018. V. 4. № 3. P. 100–111. URL: <http://skvortsovia.uran.ru/2018/4302.pdf>
- Kovtonyuk N., Han I., Ovchinnikova S., Nikiforova O., Vlasova N., Shekhovtsova I., Doronkin V., Troshkina V., Pinzhennina E., Belyaeva I., Eremin I. Typotheca of the higher vascular plants stored in M. G. Popov Herbarium (NSK) at the Central Siberian botanical garden SB RAS. Occurrence dataset. Version 1.4. Central Siberian Botanical Garden SB RAS. DOI: [10.15468/qdfdqj](https://doi.org/10.15468/qdfdqj) (2020-02-09).

- Kovtonyuk N. K., Tomoshevich M. A., Banaev E. V. Typification of the name *Nitrariakomarovii* (Nitrariaceae) // *Botanica Pacifica*. 2019. V. 8. № 2. P. 115–118. DOI
- Meineke E. K., Davies T. J., Daru B. H., Davis C. C. Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene // *Phil. Trans. Roy. Soc. B: Biological Sciences*. 2018. V. 374. № 20170386. P. 1–9. DOI: [10.1098/rstb.2017.0386](https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0386)
- Seregin A. The largest Digital Herbarium in Russia is now available online // *Taxon*. 2018. V. 67. № 2. P. 463–467.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ ЗАКОНСЕРВИРОВАННЫХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Кожевникова М. В., Фатыхова С. Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

STATISTICAL MODELS OF VEGETATION SUCCESSIONS AT MOTHBALLED OIL-PRODUCTION SITES

Kozhevnikova M. V.¹, Fatykhova S. R.²

¹*Kazan Federal University, Kazan, Russia,
ORCID: [0000-0002-8771-5679](https://orcid.org/0000-0002-8771-5679)*

²*Kazan Federal University, Kazan, Russia*

Corresponding e-mail: MVKozhevnikova@kpfu.ru

Summary: the study is dedicated to the developing of statistical models of the restorative succession process at mothballed oil production sites. It was revealed that the best predictors for the succession model are the species life form traits. The type of dependence was determined for a time period of 0–5 years.

Keywords: statistical model, plant successions, life forms, ecological-coenotic groups

Нарушение природных экосистем при разведке и разработке месторождений нефти и газа является неизбежным. Как правило, первым и наиболее подверженным изменениям компонентом является почвенно-растительный покров. Он полностью уничтожается в пределах площадки нефтедобывающей скважины уже на стадии подготовки к бурению, затем подвергается постоянному негативному воздействию в процессе нефтедобычи и лишь после консервации скважины и рекультивационных мероприятий (в случае их наличия) происходит его восстановление. Таким образом, весьма существенным является вопрос о том, с какой скоростью происходит восстановление почв и почвенных ресурсов в демулационных сменах самозарастания площадок. Несомненно также, что при исследованиях, призванных дать ответы на поставленные вопросы, необходимо опираться на количественные данные и максимально полно использовать аппарат математической статистики, выразив полученные закономерности в виде моделей.

Исследование проводилось внутри лесных массивов национального парка «Нижняя Кама» (Республика Татарстан, Россия), расположенных в долине р. Кама на песчаных отложениях.

В качестве исходных материалов были использованы 29 геоботанических описаний, выполненных в период с 30.08.2007 по 20.06.2017, которые расположены в пределах 6 площадок законсервированных нефтедобывающих скважин и составляют временные ряды от 2 до 4 лет. Исходная информация была обработана с помощью модуля анализа видового разнообразия (МАВР) информационной системы «Флора» (Prokhorov et al., 2017): определены характеристики видового разнообразия выборки, встречаемость и активность видов, таксономическое

разнообразие, географическая структура флоры, биоморфологическая структура флоры, эколого-ценотическая структура флоры, охраняемые виды и некоторые другие параметры.

Видовое разнообразие было использовано для расчета коэффициента сходства Жаккара, попарно для всех анализируемых геоботанических описаний. На основе мер сходства методом кластерного анализа построена дендрограмма сходства, графически отражающая взаимосвязи между растительными сообществами на разных уровнях сходства. При кластеризации был использован метод Варда (Ward's method).

На основе анализа полученных данных, с целью построения статистических моделей, были отобраны следующие характеристики растительного покрова: эколого-ценотические группы (ЭЦГ) видов на площадках (общее количество и доля), спектр жизненных форм Раункиера (Raunkiaer, 1934) (общее количество и доля). Таким образом были получены матрицы, строки которой соответствуют геоботаническим описаниям, первый столбец – сукцессионный статус, который в данном случае приравнивался к количеству лет, прошедших со времени последнего обнажения грунта (0, 1, 2, 3, 4), остальные столбцы – рассчитанные параметры. Для всех полученных значений в среде статистического программирования R (R Core Team, 2018) реализовывался следующий алгоритм обработки данных: 1) исследование выборки на нормальность распределения при помощи формального теста Шапиро-Уилка; 2) построение дендрограмм, совмещенных с кривой ядерной плотности для выборок, показавших ненормальное распределение; 3) построение корреляционной матрицы, используя коэффициент Спирмена и выбор коррелирующих переменных; 4) построение матричных диаграмм рассеяния; 5) определение статистической значимости полученных коэффициентов корреляции; 6) проведение многофакторного анализа; 7) создание моделей; 8) выбор оптимальной модели.

При построении кластеров, в группы объединились площадки из одной и той же географической точки, а не одного и того же года сукцессии, поэтому видовой состав, как таковой, не может быть индикатором сукцессионного статуса или предиктором при построении модели сукцессии. Приуроченность видов к определенной ЭЦГ видов показала хорошие результаты для целей диагностики сукцессионной стадии. При проведении многофакторного дисперсионного анализа влияния выбранных предикторов на результат моделирования выявлено, что наиболее существенный вклад вносят такие факторы, как количество видов неморальной группы, а в случае доли видов – количество видов неморальной и луговой групп. При анализе площадок с точки зрения жизненных форм, наивысшее значение коэффициента корреляции в случае количества видов наблюдается между годом сукцессии и количеством видов фанерофитов – 0.68. В случае доли видов – 0.75 для видов фанерофитов. При проведении многофакторного дисперсионного анализа влияния выбранных предикторов на результат моделирования выявлено, что наиболее существенный вклад вносят такие факторы, как количество видов фанерофитов и хамефитов, а в случае доли видов – количество видов фанерофитов. В целом же наилучшие показатели в качестве предикторов для модели сукцессии имеют характеристики видов по жизненным формам.

Выявлен линейный вид зависимостей года сукцессии от показателей доли фанерофитов и доли видов неморальной группы, однако поведение кривой на временных отрезках более 5 лет нуждается в дополнительном изучении. Определены 2 вида зависимостей, имеющие наилучшие характеристики: $\text{год} = 0.25 \times (\text{доля фанерофитов})$, $\text{год} = 0.6 + 0.5 \times (\text{доля неморальных видов})$.

Литература

- Prokhorov V. E., Rogova T. V., Kozhevnikova M. V. Vegetation Database of Tatarstan // *Pytocoenologia*. 2017. V. 47. Is. 3. P. 309–313. DOI: [10.1127/phyto/2017/0172](https://doi.org/10.1127/phyto/2017/0172)
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017. URL: <https://www.R-project.org>
- Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Translated by H. Gilbert-Carter, A. Fausboll, A. G. Tansley. Oxford: The Clarendon Press, 1934. 632 p.

БАЗА ДАННЫХ «ФЛОРА РУССКОЙ ЛАПЛАНДИИ»

Кожин М. Н.^{1,2}, Матвеев А. В.¹, Сенников А. Н.^{3,4}

¹*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

²*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия*

³*Музей естественной истории Университета города Хельсинки,
Хельсинки, Финляндия*

⁴*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

THE DATABASE 'FLORA OF RUSSIAN LAPLAND'

Kozhin M. N.^{1,2}, Matveev A. V.¹, Sennikov A. N.^{3,4}

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Scientific Center, RAS,
Apatity, Russia*

³*Finnish Museum of Natural History, University of Helsinki, Helsinki, Finland*

⁴*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia*

Corresponding e-mail: mnk_umba@mail.ru

Summary: 'Flora of Russian Lapland' is a comprehensive database for plant taxonomy, distributions, invasions and protection in Murmansk Region of Russia, which covers herbarium specimens, observations, geobotanical relevés, literature and archives, for scientific analyses and plant protection management.

Keywords: alien flora, Arctic, biodiversity informatics, Murmansk Region, vascular plants

Современная работа с данными о биоразнообразии регионов неразрывно связана с необходимостью аккумулировать большие массивы разнородной информации, обладающей разной точностью идентификации таксонов и географической привязки, собранные в разные периоды времени. Наш проект направлен на создание ресурса по таксономии и географическому распространению видов сосудистых растений Русской Лапландии (в административных границах Мурманской области Российской Федерации). Эта преимущественно арктическая территория характеризуется сложной и разнообразной флорой, а также очень высоким уровнем антропогенной нагрузки и, как следствие, самым высоким в Арктике количеством заносных (в т.ч. инвазивных) видов растений, что в три раза превосходит другие наиболее богатые арктические территории и в 10 и более раз – большинство арктических территорий. История исследований флоры этой территории насчитывает уже почти два века. Наиболее детальные исследования в прошлые века вели ботаники из Финляндии и России.

В настоящее время для мобилизации ботанических данных и подведения итогов изучения флоры сосудистых растений Русской Лапландии авторы разрабатывают базу данных «Флора Русской Лапландии / Flora of Russian Lapland». Она включает специализированные модули для аккумуляции и предварительного анализа данных:

1. *Гербарные образцы.* Этот модуль предполагает объединение разрозненной информации о гербарных образцах с территории Мурманской области в единую базу данных. Для этого был организован импорт массивов данных и ввод отдельных гербарных этикеток в единую базу. Были полностью учтены материалы гербариев Университета города Хельсинки (H) – 25 тыс. образцов, Кандалакшского заповедника (KAND) – 10 тыс. образцов, а также информация об отдельных таксонах из коллекций Московского университета (MW), Института проблем промышленной экологии Севера (INER), Карельского научного центра (PTZ), Полярно-альпийского ботанического сада-института (KPRBG), Ботанического института (LE) и Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина (IBIW).

2. *Полевые наблюдения.* Этот модуль создан для объединения недокументированной, но достоверной информации о распространении растений и предполагает наполнение данными из полевых дневников исследователей, картотек находжений видов, архивных данных, а также экспорта данных из открытых информационных систем, в т.ч. iNaturalist.

3. *Литературные указания.* В настоящий момент ведется разработка данного модуля для аккумуляции информации из литературных источников, в т.ч. чек-листов, региональных сводок, флористических находок и пр. Модуль предполагает хранение точной библиографии и детальной информации о распространении, экологии и статусе видов в регионе. На текущий момент подготовлено для интеграции в систему уже 7 региональных чек-листов и более 20 списков локальных флор.

4. *Геоботанические данные* планируется привлекать для сбора пространственной информации о распространении, в первую очередь, фоновых видов. Загрузка в базу данных планируется с использованием формата хранения геоботанических таблиц, используемых в Turboveg 2.0.

5. *Географический модуль* необходим для географической привязки гербарных образцов, полевых наблюдений, литературных указаний и геоботанических описаний в базе данных для создания картографической основы последующего пространственного и временного анализа данных распространения растений и их экспорта в глобальные системы.

6. *Номенклатурно-таксономический модуль* будет включать информацию о принятой таксономии и синонимии. На данный момент он включает все названия растений, ранее использовавшиеся в литературе по региону, а также названия, принятые в цитируемых коллекциях.

По нашей предварительной оценке, к концу 2020 года на основе базы данных «Флора Русской Лапландии / Flora of Russian Lapland» будет подготовлен предварительный чек-лист флоры сосудистых растений Мурманской области. Информация о базе и чек-лист будут размещены по адресу: www.laplandflora.ru. В результате развития базы данных планируется создание полноценного ресурса с максимально высокой пространственной репрезентативностью, где будут учитываться все имеющиеся гербарные образцы, полевые наблюдения, а также сведения из архивов, наблюдений и публикаций. В результате станет доступным массив высококачественных данных, пригодных для аналитических исследований и моделирования распространения видов растений и их зависимости от природных факторов, а также для использования в проектах по охране биоразнообразия и контролю за биологическими инвазиями. Он заполнит существующий пробел в представленности флористической

информации как на территории Восточной Фенноскандии, так и в Арктике и Восточной Европе в целом.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-77-00025).

РАЗНООБРАЗИЕ ГРИБНОЙ БИОТЫ ТЕЛЛЕРМАНОВСКОГО ЛЕСА

Колганихина Г. Б.

Институт лесоведения РАН, с. Успенское Московской области, Россия

FUNGAL BIOTA DIVERSITY IN TELLERMAN FOREST

Kolganikhina G. K.

*Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences,
vil. Uspenskoye, Moscow reg., Russia*

Corresponding e-mail: kolganikhina@rambler.ru

Summary: the preliminary results of the inventory of fungi on wood species in plantings of the Tellermanovsky experimental forest area IFS RAS (Voronezh region in Russia, south forest-steppe) is given in this article. Studies are carried out for the organization and conducting of forest stand phytopathological monitoring and mycobiota diversity monitoring.

Keywords: mycobiota, pathogenic fungi, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Ophiostoma novo-ulmi*, rare species of fungi, broad-leaved forest, south forest-steppe, Voronezh region, European part of Russia

Теллермановское опытное лесничество Института лесоведения РАН (ТОЛ), где непосредственно проводились исследования, является частью широко известного лесоводам Теллермановского леса – островного массива, находящегося в Воронежской области, вблизи Борисоглебска, расположенного на границе степи и лесостепи. Этот лесной массив всегда представлял большой интерес для практики лесоразведения в засушливых районах. С 1945 г. ТОЛ является одним из опорных пунктов в меридиональной цепочке научных стационаров Института лесоведения РАН, созданных в послевоенные годы В. Н. Сукачевым для проведения лесоводственно-экологических исследований (Вакин, 1954; Экосистемы..., 2014).

На момент создания ТОЛ более 50 % этой площади было занято древостоями с господством дуба и около 35 % – с доминированием ясеня (Вакин, 1954). Участки с преобладанием других древесных пород (липы, клена, ильма, вяза, березы, осины, тополя и ивы) во все времена составляли в опытном лесничестве небольшую долю. На протяжении последних десятилетий в силу ряда причин пространственная структура растительного покрова Теллермановского лесного массива претерпела существенные изменения. Во многом это стало результатом деградации дубрав, начавшейся еще в 40-х годах прошлого столетия в северной его части и впоследствии охватившей всю его территорию, включая ТОЛ. Данное явление способствовало усилению позиции ясеня в этих древостоях. Однако благодаря активным лесокультурным мероприятиям в современный период площадь молодых насаждений дуба постепенно увеличивается. Затяжной и волнообразный характер носит усыхание ильмовых пород от голландской болезни (Вакин, 1954; Линдеман, 1975; Селочник, 2015), длящееся здесь уже более 90 лет и приведшее за это время к значительному сокращению численности ильма, вяза и береста в нагорной части массива и к практически полному исчезновению вязовников, некогда распространенных по дну балок и в пойменной части опытного лесничества. Другие лесообразующие породы, произрастающие в ТОЛ, в целом благополучны. В подлеске

встречаются лещина, бересклеты бородавчатый и европейский, крушина ломкая, местами встречаются клен татарский, яблоня лесная, груша обыкновенная, терн и шиповник. Разнообразный породный и возрастной состав насаждений, разнообразие эколого-орографических условий данной территории, сочетание различных режимов ведения хозяйства делают ее уникальной, весьма интересной и значимой для исследования разнообразия и функционирования экосистем широколиственных лесов в условиях южной лесостепи.

В условиях современных реалий, связанных, прежде всего, с изменением климата и распространением инвазивных видов вредных организмов, целенаправленное изучение разнообразия дендротрофной микобиоты и фитопатологический мониторинг насаждений становятся всё более значимыми направлениями научной деятельности в ТОЛ. Актуальность подобных исследований повышается и в связи с недостаточной изученностью грибной биоты региона в целом.

Исследованием грибной биоты Теллермановского леса в разные периоды после создания в нем опытного лесничества занимались А. Т. Вакин, Е. А. Шуманов, Э. А. Оганова, М. А. Примаковская, А. А. Молчанов, Н. А. Черемисинов, А. И. Фатеев, Н. Н. Селочник, В. Г. Стороженко. Авторские сборы на территории ТОЛ осуществляются с 2014 г.

По совокупным данным, на текущий момент в насаждениях ТОЛ зарегистрировано более 500 видов макро- и микромицетов, относящихся к различным систематическим и экологическим группам грибов. Список грибов-дендротрофов насчитывает более 360 видов (идентифицировано до вида – 356), среди них 82 вида ранее не упоминались для этой территории другими исследователями, также отмечены новые для Воронежской области виды грибов (Коткова и др., 2018).

Сумчатые грибы составляют примерно 42.7 % (152 вида, новых для этой территории среди них 28 видов), базидиальные – 57.3 % (204 вида, новых для территории, соответственно, 54). Базидиальные грибы представлены преимущественно лигнотрофными макромицетами (189 видов), среди которых преобладают афиллофороидные базидиомицеты (132 вида), значительно меньше насчитывается агарикоидных грибов (57 видов). Базидиальные дендротрофные микромицеты представлены 14 видами ржавчинных грибов.

Выявленные грибы-дендротрофы встречаются на 21 породе деревьев и кустарников. Наибольшее число видов отмечено на дубе и ясене, довольно разнообразны составы микоконсортов вяза и клена. Патогенные грибы составляют 28 %, они характеризуются разной степенью паразитической активности и вредоносностью в древостоях ТОЛ. Среди них 44 вида вызывают различные болезни листьев (мучнистую росу, ржавчину и пятнистости), 29 видов вызывают сосудистые, некротические, некротическо-раковые и раковые заболевания ветвей и стволов, более 20 видов являются возбудителями гнилевых болезней.

Наиболее распространенными грибными патогенами в насаждениях ТОЛ являются *Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam.), *Phyllactinia fraxini* (DC.) Fuss., *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Fomitiporia robusta* (P. Karst.) Fiasson & Niemelä, *Inocutis dryophila* (Berk.) Fiasson & Niemelä, *Phellinus tremulae* (Bondartsev) Bondartsev & P. N. Borisov. В числе значимых следует отметить опасный инвазивный вид *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (Колганихина и др., 2016), в связи с чем на территории ТОЛ начиная с 2015 г. осуществляется фитопатологический мониторинг ясеневых древостоев. В 2018 г. в пойме р. Хопёр на вязе гладком (*Ulmus laevis* Pall.) зарегистрирован агрессивный патогенный гриб *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier – возбудитель сосудистого заболевания (голландской болезни) ильмовых пород (Колганихина, 2020). В настоящее время изучается роль этого гриба в прогрессирующем усыхании вяза наряду с другими патогенными организмами.

Из видов, занесенных в Красную книгу Воронежской области (2019), на территории опытного лесничества были отмечены следующие: *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. (Селочник, 2015), *Grifola frondosa* (Fr.) S. F. Gray (Колганихина, 2018), *Hericium coralloides* (Fr.) Pers. (Селочник, 2015; Колганихина, 2018), *Calvatia gigantea* (Batsch) Lloyd (= *Langermannia gigantea* (Batsch) Rostk.) (Селочник, 2015; Колганихина, 2018). В 2019 г. зарегистрирован еще один редкий гриб – *Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer, не отмечавшийся ранее на территории ТОЛ (Колганихина, 2020). Не все из перечисленных выше видов были найдены в заповедных кварталах лесничества, что затрудняет обеспечение их сохранности на его территории.

В заключение следует отметить, что приведенные сведения о грибной биоте ТОЛ носят предварительный характер, работа в данном направлении будет продолжена. В ходе дальнейших исследований ожидается пополнение сведений о разнообразии дендротрофных грибов, особенностях их распространения и роли в биогеоценозах Теллермановского леса.

Благодарности

Автор глубоко признателен за помощь и сотрудничество микологам из БИН РАН В. М. Котковой, О. В. Морозовой, В. Ф. Малышевой и Е. С. Попову, а также генетикам из Института леса НАН Беларуси О. Ю. Баранову и С. В. Пантелееву.

Литература

- Вакин А. Т. Фитопатологическое состояние дубрав Теллермановского леса // Труды Ин-та леса АН СССР. Т. 16. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 5–109.
- Колганихина Г. Б. Дендротрофные грибы Теллермановского леса: предварительные итоги изучения, редкие виды и проблемы их сохранения // Проблемы ботаники: история и современность: материалы Межд. науч. конф., посвященной 130-летию со дня рождения проф. Б. М. Козо-Полянского, 80-летию со дня рождения проф. К. Ф. Хмелева, IX науч. совещания «Флора Средней России». Воронеж: Цифровая полиграфия, 2020. С. 203–206.
- Колганихина Г. Б. Редкие и охраняемые виды грибов на территории Теллермановского опытного лесничества ИЛАН РАН // Систематические и флористические исследования Северной Евразии: материалы II Межд. конф. (к 90-летию со дня рождения проф. А. Г. Еленевского) Т. 2. М., 2018. С. 31–35.
- Колганихина Г. Б., Пантелеев С. В. Первое обнаружение опасного фитопатогенного гриба *Hymenoscyphus fraxineus* в Теллермановском лесу (южная лесостепь европейской части России) // Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах: материалы II Межд. науч. конф. Минск: Колорград, 2016. С. 115–118.
- Коткова В. М., Колганихина Г. Б., Детинова Н. Н. Новые микологические находки для регионов России. 2 // Новости систематики низших растений. 2018. Т. 52. Ч. 2. С. 373–378.
- Красная книга Воронежской области: в 2 т. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. Под ред. В. А. Агафонова. 2-е изд., испр. и доп. Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2019. 416 с.
- Линдеман Г. В. Массовое усыхание ильмовых пород // Дубравы лесостепи в биогеоценологическом освещении. М.: Наука, 1975. С. 222–224.
- Селочник Н. Н. Состояние дубрав Среднерусской лесостепи и их грибные сообщества. Отв. ред. М. Г. Романовский. М.: Ин-т лесоведения РАН, 2015. 216 с.
- Экосистемы Теллермановского леса / отв. ред. В. В. Осипов; Институт лесоведения. М.: Наука, 2004. 340 с.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
«ПОЧВЕННАЯ ФАУНА РЕСПУБЛИКИ КОМИ»**

Колесникова А. А., Конакова Т. Н., Кудрин А. А., Таскаева А. А.

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия

**THE PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM
«SOIL FAUNA OF THE KOMI REPUBLIC»**

Kolesnikova A. A.¹, Konakova T. N.², Kudrin A. A.², Taskaeva A. A.²

*¹Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia,
ORCID: 0000-0001-7524-3857*

*²Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia*

Corresponding e-mail: kolesnikova@ib.komisc.ru

Summary: the information system reflects the state of study of soil fauna in the region. It allows users to get an actual comprehensive assessment of the soil fauna state in natural zones, geographical areas, anthropogenically disturbed and specially protected territories of the Komi Republic.

Keywords: information system, soil fauna, Komi Republic

Развитие почвенной зоологии по этому вектору началось сравнительно недавно, хотя востребованность таких информационных систем (ИС) для изучения почвенного биоразнообразия представляется достаточно очевидной. В 2014 г. на I Международной конференции по почвенному биоразнообразию (Дижон, Франция) поставлен вопрос о создании базы данных (БД), результатом этих дискуссий стало создание проекта «Edaphobase» в Германии и сопредельных странах. В 2016 г. издан Атлас глобального биоразнообразия почв (Global Soil Biodiversity Atlas), в котором анализируются разнообразие почвенных организмов и угрозы почвенному биоразнообразию в глобальном масштабе. В резолюции 2018 г. оргкомитетом XVIII Всероссийского совещания по почвенной зоологии подчеркнута необходимость формирования открытых региональных баз данных. На прошедшем в августе 2019 г., при поддержке GBIF, обучающем семинаре «Разнообразие почвенных животных России: публикация и эффективное использование исходных данных» обсуждена инициатива по объединению российских почвенно-зоологических данных.

Нами в 2016 г. начата разработка ИС «Почвенная фауна Республики Коми» (Таскаева и др., 2017). На первом этапе разработана структура ИС для сбора, хранения и анализа результатов почвенно-зоологических работ. На втором этапе проведена доработка web-форм ввода и вывода данных для ИС путем разработки способов автоматического ввода больших объемов фаунистических данных через Excel-формы и автоматического расчета численности и индексов разнообразия. На третьем этапе ИС установлена на сервере Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Объектом исследования являются почвенные беспозвоночные (нематоды, коллемболы, жуужелицы, стафилиниды, щелкуны, дождевые черви, многоножки).

Разработанная ИС позволяет обобщать, обрабатывать и анализировать данные. Эта ИС позволяет легче и быстрее вводить данные, полученные в ходе текущих полевых сезонов, а также представлять информацию из литературных источников. Использование базы данных экономит время на рутинных вычислительных операциях и ускоряет проведение первичного анализа по различным таксономическим группам. Хранение информации в ИС реализует сложные запросы для отбора данных по таксономическим, географическим, временным признакам для дальнейшего анализа. На основании рассмотренных особенностей технологии БД, биологических особенностей беспозвоночных, методике отбора почвенных проб, условий среды обитания беспозвоночных, применен следующий перечень параметров, которые хранятся и обрабатываются в информационной системе: название вида, рода, семейства, отряда, класса; природная зона, физико-географический выдел, локалитет, биотоп, тип почвы, субстрат, географические координаты, высота н. у. м.; численность (экз. в пробе, экз./м²), номер пробы, ФИО коллектора, дата отбора, метод отбора, дополнительная информация.

ИС состоит из главного меню, в котором соблюдается принцип разделения на оригинальные сборы, включая импорт крупных массивов информации через Excel-формы, и данные литературы о распространении таксонов. Оригинальные сборы представлены несколькими формами ввода и вывода информации. Формы ввода данных предусмотрены для учета беспозвоночных методами отбора почвенных образцов, ручного сбора на различных субстратах и сбора материала почвенными ловушками. Такая разбивка форм ввода данных необходима для последующей оценки разнообразия и определения численности почвенной фауны. Данные литературы отражают нахождение определенного вида в том или ином литературном источнике. Пользователю нет необходимости искать данные в других системах, когда можно сразу просмотреть публикацию. ИС содержит раздел «Фауна», в котором отражена таксономическая принадлежность беспозвоночных. Названия таксонов приведены по общепринятой зоологической номенклатуре латинскими буквами. Самый крупный по объему подраздел «Виды» по ссылкам коррелирует с другими подразделами и справочниками.

ИС включает 9 справочников, находящихся во взаимосвязи, а также связанных с разделами «Главное меню», «Фауна», «Сводные таблицы», «Статистика» и «Управление». Логически справочники делятся на группы. Первая группа содержит 6 таблиц, характеризующие пункты сбора исследуемых объектов: природные зоны, физико-географические выделы, локалитеты, биотопы, типы почв, субстраты. Наиболее подробная форма ввода составлена для локалитетов. В этой таблице содержатся поля, указывающие на принадлежность локалитета к природной зоне, географическому выделу, региону, административному району, с обязательной привязкой к географическим координатам. Форма вывода соответствует форме ввода. Вторая группа состоит из трех самостоятельных таблиц, содержащих привязки к возрастным стадиям беспозвоночных, достоверности данных и литературным источникам. Справочник по возрастным стадиям необходим для корректного ввода данных, так как одни беспозвоночные на протяжении всей своей жизни обитают в почве, а другие встречаются там либо на стадии личинки, либо на стадии имаго. Для оценки правильности определения достаточно трудных в систематическом отношении групп беспозвоночных и для определения уровня доверия экспертам по модельным группам введена таблица достоверности. Эта таблица отражает качество проверки материала известными специалистами регионального, российского и международного уровня. Справочник литературных источников представляет собой библиографический указатель, в котором к каждой ссылке прикрепляется файл с публикацией в формате PDF. Раздел «Сводные таблицы» необходим для получения информации о том, каково разнообразие почвенных беспозвоночных

в природных подзонах, физико-географических выделах, локалитетах и т.д. В будущем этот раздел будет дополнен выводом данных на картографическую основу путем автоматического обозначения мест нахождения видов. Раздел «Статистика» позволяет автоматически рассчитывать численность беспозвоночных (М), индексы вариации (CV), разнообразия и агрегированности (Индекс Кейси). Управление информационной системой осуществляется администратором и сотрудниками с расширенным доступом к информации. Эти же сотрудники являются коллекторами (вносят данные о сборе того или иного исследуемого объекта в систему) и экспертами (проводят идентификацию таксонов беспозвоночных). Гости имеют ограниченный доступ к информации, хранящейся в системе.

Созданная ИС представляет собой развивающуюся систему, отражающую состояние изученности почвенной фауны в региональном масштабе. Она, с одной стороны, делает возможной интеграцию отдельных локальных исследований, с другой – дает каждому локальному специалисту возможность автономного управления собственными данными, включая таксономию организмов и сведения об их экологии, пространственном и временном распределении. А обобщающий анализ данных о разных модельных группах беспозвоночных позволяет пользователям в кратчайшие сроки получать актуальную комплексную оценку состояния разнообразия почвенных зооценозов в природных зонах, географических выделах и административных районах Республики Коми. Автоматизированное определение разнообразия и численности модельных групп почвенных беспозвоночных способствует решению проблем комплексной экологической оценки состояния окружающей среды на антропогенно нарушенных и особо охраняемых природных территориях. Так, ИС позволяет проанализировать зональное и биотопическое распределение беспозвоночных, предоставляет возможность проведения мониторинга за состоянием популяций краснокнижных видов многоножек и жуков, индикаторных видов коллембол и дождевых червей. Например, предварительная оценка разнообразия почвенных зооценозов в окрестностях Сыктывкарского лесопромышленного комплекса, на основе данных ИС, выявила, что при среднем уровне загрязнения хвойных лесов выбросами предприятия наблюдается повышение разнообразия и численности беспозвоночных относительно контроля, что отражает нестабильность и нарушенность структуры их сообществ. А оценка состояния почвенной фауны в пойменных сообществах показала их высокую значимость для сохранения разнообразия почвенной биоты на Севере. На основе автоматических расчетов определена численность почвенной фауны в тундрах и постагрогенных экосистемах Воркутинского района Республики Коми. Продолжается работа по наложению данных о разнообразии и численности модельных групп почвенных беспозвоночных на картографическую основу, с привязкой к картам растительности и почвенного покрова.

Благодарности

Разработка ИС «Почвенная фауна Республики Коми» в 2016–2018 гг. поддержана грантом правительства Республики Коми и РФФИ № 16-44-110989p_a. Наполнение ИС данными по завершении этого проекта проводится в рамках госбюджетной темы НИР отдела экологии животных «Распространение, систематика и пространственная организация фауны и населения животных таежных и тундровых ландшафтов и экосистем европейского северо-востока России», номер гос. регистрации АААА-А17-117112850235-2 и проекта РФФИ № 20-04-00606 «Закономерности формирования разнообразия и структуры населения нематод в древесном ярусе бореальных, широколиственных и тропических лесов».

Литература

- Таскаева А. А., Колесникова А. А., Конакова Т. Н., Кудрин А. А., Новаковский А. Б. Информационная система «Почвенная фауна Республики Коми» // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси: материалы XI зоологической Международной научно-практической конференции, приуроченной к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам». Минск, 2017. Т. 2. С. 457–462.

**КАРТА СОЮЗОВ ТРАВЯНЫХ СООБЩЕСТВ:
СОЗДАНИЕ И ВАЛИДАЦИЯ НА ОСНОВЕ СНИМКОВ SENTINEL-2
И ДАННЫХ С КВАДРОКОПТЕРА**

Комарова А. Ф.¹, Бородулина В. П.², Чередниченко О. В.², Зудкин А. Г.²

¹*Российское отделение Гринпис, Москва, Россия*

²*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

**THE MAP OF GRASSLANDS' ALLIANCES: SYNTAXA'S MAPPING
AND VALIDATION BASED ON SENTINEL-2 AND DRONE IMAGERY**

Komarova A.¹, Borodulina V.², Cherednichenko O.², Zudkin A.²

¹*Greenpeace Russia, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

Corresponding e-mail: komras@yandex.ru

Summary: the techniques of grassland communities' mapping based on remote sensing data are in the process of developing. We will present the map of alliances and classes for four sites near the Polistovsky reserve (North-West Russia) and discuss the perspectives and restrictions of the proposed algorithm, including data collection, model's training, images' classification and validation.

Keywords: grasslands, mapping, Braun-Blanquet, Sentinel-2, drone imagery

Дистанционное зондирование и ГИС – перспективные технологии инвентаризации биоразнообразия (Kuenzer et al., 2014, Petrou et al., 2015; и др.). Конечно, прямое выявление особей методами дистанционного зондирования по ряду причин, как правило, неэффективно даже при высоком пространственном разрешении космических снимков, однако дистанционные данные эффективно используются для индикации биологического разнообразия (см.: Lausch et al., 2016 и цитируемые работы). В связи с этим в последнее время вызывает интерес, в частности, картографирование вариантов растительных сообществ, в том числе с появлением данных Sentinel-2, имеющих относительно высокое пространственное и временное разрешение, – и нелесных растительных сообществ (Rapinel et al., 2015; Bradter et al., 2020). Однако примеры картографирования травяных сообществ ранга порядка и класса в понимании эколого-флористического подхода Браун-Бланке нам пока не встречались. Вместе с тем мы считаем именно эколого-флористический подход наиболее перспективным в связи с высокой устойчивостью синтаксонов (Миркин, Наумова, 2012; Bradter et al., 2020) и географической универсальностью (Mucina et al., 2016). Как результат нашей работы в этом направлении, мы представим карты союзов и классов для четырех урочищ в охранной зоне Полистовского заповедника и обсудим основные выявленные преимущества и проблемы метода.

Полевые данные включали 274 геоботанических описания травяных сообществ на временных пробных площадях 10 × 10 м, выполненных в 2012, 2014, 2018 и 2019 годах в урочищах к юго-востоку от Полистовского заповедника, сформировавшихся на месте заброшенных деревень и участков хозяйственной деятельности. С помощью кластерного

анализа методом гибкой беты (PC-ORD 6.0) с использованием ординации по шкалам Ландольта сформирован продромус, включивший 4 класса (*Molinio-Arrhenatheretea*, *Phragmito-Magnocaricetea*, *Epilobietea angustifolii*, *Artemisietea vulgaris*) и 9 союзов.

В качестве данных дистанционного зондирования использовались 11 безоблачных снимков Sentinel-2 за вегетационный период 2018 и 2019 гг. (использовались значения отражения в спектральных каналах и производные – вегетационные индексы (Huete et al., 2002; Pettorelli et al., 2005; Richards, Jia, 2006; Wu et al., 2008) и нормализованная попиксельная разница между отдельными каналами – в общей сложности 243 переменных, приведенных к разрешению 10 м/пиксель). Территория также отснята с квадрокоптера; до начала классификации на основе снимков с дрона вырезаны отдельные кусты. Для классификации использовали предварительно обученный на выборке, соответствующей точкам геоботанических описаний, алгоритм Random Forest (R 3.6.1). Результирующие карты союзов и классов (полученные независимо) валидированы по случайно распределенным точкам (плотность валидационных точек около 0.3/кв. м), синтаксономическая принадлежность которых определялась тремя экспертами по наличию дифференцирующих видов на снимках с квадрокоптера. Дополнительно с помощью функции VarImpPlot и парного теста Уилкоксона определены критические для отдельных синтаксонов предикторы.

Алгоритм Random Forest выделил все четыре класса и только 8 из 9 союзов, поскольку союз *Potentillion anserinae* класса *Molinio-Arrhenatheretea* был слабо представлен в обучающей выборке. Точность модели на этапе обучения составляла около 80 %. Точность для отдельных урочищ по итогам валидации после создания карт достигла 89 % для классов и 85 % для союзов.

Полученные результаты подтвердили перспективность метода для картографирования синтаксонов травяных сообществ и ранее отмеченный (Bradter et al., 2020) факт большей устойчивости синтаксонов в пространстве признаков, полученных по данным дистанционного зондирования, по сравнению с единицами доминантной классификации – другими словами, космические снимки отражают именно синтаксон, а не доминантов растительного покрова (вероятно, поскольку и то и другое отражает набор экологических факторов, определяющих сообщество). Например, союз *Arrhenatherion elatioris* определялся алгоритмом верно даже в случае, если поверх него развивался вейник *Calamagrostis epigejos* или иван-чай *Chamaenerion angustifolium*, что соответствовало спектру диагностических видов. При определении синтаксона по снимкам с квадрокоптера также было важно руководствоваться наличием диагностических видов, а не доминантов – в противном случае (в начале работы) оценка экспертов по снимкам с квадрокоптера оказывалась менее устойчивой по сравнению с оценкой алгоритма по снимкам Sentinel (возможно, это связано с критической важностью ближних инфракрасных диапазонов, особенно для влажных сообществ (Feilhauer et al., 2013), представленных на снимках Sentinel и отсутствующих на снимках с квадрокоптера). Важным методическим выводом работы стал список диагностических видов, пригодных для распознавания по снимкам с квадрокоптера, и их дифференцирующих особенностей.

Интересно, что особенности точности классификации и важность отдельных предикторов хорошо соотносятся с экологическими особенностями синтаксонов (как известными из литературы, так и подтвержденными по результатам ординации). Так, для сообществ союза *Filipendulion ulmariae* оказались критически важны осенние снимки, не несущие, по распространенному мнению, ценной информации в случае изучения травяных сообществ. *Artemisietea vulgaris* – субрудеральные нитрофильные сообщества – характеризуются высокими значениями индексов Greenness and Brightness и вторым после *Epilobietea angustifolii* значением NDVI. *Epilobietea angustifolii* – сообщества многолетних травянистых растений на богатых

почвах лесных опушек и местах нарушений – имеют максимальные значения индексов Chlorophyll Absorption, Red Edge, NDVI. Класс *Molinio-Arrhenatheretea* – типичные луга – очень разнообразен; из характерных черт входящих в него союзов следует отметить максимальные значения Red Edge и Chlorophyll absorption на августовских снимках – вероятно, сообщества этого союза, формирующиеся в увлажненных местообитаниях, имеют наиболее продолжительный период вегетации. Два последних союза, *Arrhenatherion elatioris* и *Molinion caeruleae*, имеют самые низкие показатели NDVI, индексов Кауфа-Томаса и Red Edge и слабо различаются между собой.

Максимальные ошибки классификации наблюдаются в пределах класса *Molinio-Arrhenatheretea* (а также наибольшее разнообразие и союзов, и дистанционных данных; для него же наиболее важны разновременные данные). Интересно, что для урочища Плавница точность карты союзов оказалась выше точности карты классов. По нашему мнению, это связано с высокой представленностью на этом урочище участков с вейником, доминирование которого сказывается на спектральном отклике. При классификации по данным дистанционного зондирования это приводит к тому, что разнообразные по спектральному отклику сообщества с вейником все оказываются в разнообразном же (поскольку он включает много союзов) классе *Molinio-Arrhenatheretea*. При классификации же на уровне союзов такие разнообразные по спектральным откликам группы не выделяются, что приводит к распределению сообществ с вейником по союзам в соответствии с детальными характеристиками, и общая ошибка снижается. То есть при наличии неравномерно представленных классов в сочетании с трудно классифицируемыми сообществами алгоритм классификации по классам обучается на меньшую глубину, что приводит к большей ошибке. Показательно, что это соотносится с тем фактом, что синтаксономическое положение сообществ с участием вейника до сих пор не определено (см. обзор в: Бородулина и др., 2019).

Таким образом, дистанционные данные дают значительные преимущества для выявления пространственного распределения синтаксонов (а вместе с ними – и объектов биологического разнообразия на других уровнях организации). Пространственное, временное и спектральное разрешение снимков Sentinel-2 достаточно для картографирования союзов травяных сообществ с относительно высокой точностью. Перспективным направлением является поиск наиболее эффективных предикторов (включая применение временных серий, возможно, радарных данных, а также построение более мощных алгоритмов классификации) и выявление особенностей распределения и функционирования синтаксонов, влияющих на качество классификации.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00786. Авторы выражают благодарность Т. М. Гавриловой за помощь в сборе полевых данных.

Литература

- Бородулина В. П., Комарова А. Ф., Чередниченко О. В. Наземновейниковые луга в охранной зоне Полистовского заповедника (Псковская область) // Разнообразие растительного мира. 2019. Т. 1. № 1. С. 44–61.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем, 2012. 488 с.
- Bradter U., O'Connell J., Kunin W. E., Boffey C. W., Ellis R. J., Benton T. G. Classifying grass-dominated habitats from remotely sensed data: the influence of spectral resolution, acquisition time and the vegetation classification system on accuracy and thematic resolution // Science of The Total Environment. 2020. V. 711. 134584.

- Feilhauer H., Thonfeld F., Faude U., He K. S., Rocchini D., Schmidtlein S. Assessing floristic composition with multispectral sensors – A comparison based on monotemporal and multiseasonal field spectra // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2013. V. 21. P. 218–229.
- Kuenzer C., Ottinger M., Wegmann M., Guo H., Wang C., Zhang J., Dech S., Wikelski M. Earth observation satellite sensors for biodiversity monitoring: potentials and bottlenecks // *International Journal of Remote Sensing*. 2014. V. 35. № 18. P. 6599–6647.
- Lausch A., Bannehr L., Beckmann M., Boehm C., Feilhauer H., Hacker J. M., Heurich M., Jung A., Klenke R., Neumann C., Pause M. Linking Earth Observation and taxonomic, structural and functional biodiversity: Local to ecosystem perspectives // *Ecological Indicators*. 2016. V. 70. P. 317–339.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J. P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., García R. G., Chytrý M. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // *Applied Vegetation Science*. 2016. V. 19. P. 3–264.
- Petrou Z. I., Manakos I., Stathaki T. Remote sensing for biodiversity monitoring: a review of methods for biodiversity indicator extraction and assessment of progress towards international targets // *Biodiversity and Conservation*. 2015. V. 24. № 10. P. 2333–2363.
- Pettorelli N., Vik J. O., Mysterud A., Gaillard J.-M., Tucker C. J., Stenseth N. C. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change // *Trends in Ecology and Evolution*. 2005. V. 20. P. 503–510.
- Rapinel S., Bouzillé J. B., Oszwald J., Bonis A. Use of bi-seasonal Landsat-8 imagery for mapping marshland plant community combinations at the regional scale // *Wetlands*. 2015. V. 35 (6). P. 1043–1054.
- Richards J. A., Jia X. Remote sensing digital image analysis. An introduction. Berlin: Springer, 2006. 439 p.
- Wu C., Niu Z., Tang Q., Huang W. Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation // *Agricultural and forest meteorology*. 2008. V. 148 (8-9). P. 1230–1241.

БАЗА ДАННЫХ СЕГЕТАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Кондратков П. В.¹, Третьякова А. С.¹, Груданов Н. Ю.²

¹*Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

²*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

WEED PLANTS IN THE CENTRAL URALS: THE DATABASE

Kondratkov P. V.¹, Tretiakova A. S.², Grudanov N. Y.³

¹*Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0001-6472-5455](https://orcid.org/0000-0001-6472-5455)*

²*Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0001-8735-4482](https://orcid.org/0000-0001-8735-4482)*

³*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0002-0498-2975](https://orcid.org/0000-0002-0498-2975)*

Corresponding e-mail: alyona.tretyakova@urfu.ru

Summary: the database of weed plants in the Central Urals was presented. It consisted of two sections: records of the species and the site of its location. The first one included the following blocks: taxonomical, life forms, coenotic, florogenetical and geographical. The last ones included subnational entity, physiogeographical and historical demographical blocks.

Keywords: Central Urals, weed plants, data set, species diversity

Современные научные базы данных – это результат накопления наукой информации о биологическом разнообразии в сочетании со стремительным развитием информационных технологий. Базы данных позволяют независимо работать большому числу специалистов, в том числе дистанционно. Однако большая ценность любой базы данных заключается не в самом ее существовании, а в аккумуляции данных, которые можно использовать для анализа факторов, влияющих на видовой состав флоры.

В России, начиная с 20-годов XX века, выполнены колоссальные исследования сегетальной флоры различных регионов. В европейской части России это работы А. И. Мальцева, Е. В. Шляковой, В. В. Туганова, М. В. Маркова, Н. Н. Луневой, О. Г. Барановой, Т. А. Палкиной. В азиатской части – это работы Т. Н. Ульяновой и Т. А. Терехиной. В Уральском регионе исследования сегетальной флоры проведены в Башкирии под руководством Б. М. Миркина и в Свердловской области.

Очевидно, что на следующем этапе изучения сегетальной флоры должны превалировать сравнительные аспекты ее формирования и динамики. На наш взгляд, эта задача не может быть решена без создания общей базы данных или локальных, но унифицированных информационных систем. В качестве последнего можно считать базу данных сегетальных растений Свердловской области, разрабатываемую в Уральском федеральном университете с 2015 года. Эта база состоит из двух взаимосвязанных разделов: сведений о виде и сведений о его местонахождении.

Раздел сведений о виде представлен блоками, которые дают полную характеристику каждого вида сегетальной флоры: таксономическим, биоморфологическим, ценотическим, экологическим, флорогенетическим и географическим.

Таксономический блок содержит информацию об основных таксонах, используемых во флористическом анализе: вид, семейство, отдел. Сведения о жизненных формах приводятся по двум системам – К. Раункиера и И. Г. Серебрякова. Экологические группы указаны по отношению к увлажнению. В географическом блоке приведены сведения об ареале и зональности аборигенных растений, а для адвентивных – указан первичный ареал. Для последних здесь же помещена информация о времени заноса видов на территорию региона, степени натурализации и способах расселения.

Раздел сведений о местонахождении содержит географические координаты и характеристику местности, которая им соответствует. В характеристике выделены три блока: административный, физико-географический и историко-демографический. В первом блоке содержится информация об административно-территориальных единицах, в которых встречаются сегетальные виды: регион, деление внутри региона, населенные пункты, а также приводятся данные об их площади. Наиболее важен и интересен второй блок – физико-географический, который характеризует местность, где был обнаружен сегетальный вид: природная зона, максимальные, средние и минимальные значения температур, осадков, суммы активных температур, гидротермического коэффициента, высоты над уровнем моря, сложности рельефа. Последний блок представлен информацией о численности и плотности населения, возрасте поселений, времени появления и ведения сельского хозяйства, площади посевных площадей и об ассортименте возделываемых культур.

В 2019 году данные нашей системы были переработаны и в измененном виде включены в базу данных «Сегетальные растения Среднего Урала (Свердловская область)» (Weed species of the Central Urals (Sverdlovsk region)) Глобальной информационной системы о биоразнообразии – GBIF (Tretyakova et al., 2019). Эта база содержит сведения о находках видов сегетальной флоры, сделанных авторами в 1997–2017 годах, а именно: видовые названия, административно-территориальные привязки и координаты наблюдений, тип посевов, сведения о дате, наблюдателях и месте хранения гербарных образцов.

Нами намечено дополнение системы данными других исследований, в частности результатами геоботанических описаний. Кроме этого, для увеличения разрешающей способности анализа факторов видового разнообразия сегетальных растений, а также для использования базы в прогностических целях планируется добавить значения иных экологических факторов, данные о типах почв и их составе. Кроме того, собранные образцы растений будут включены в электронный гербарий УрФУ, став важной и неотъемлемой частью базы данных о сегетальных растениях Свердловской области.

Благодарности

Работа осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-016-00135).

Литература

- Туганаев В. В. К характеристике сорно-полевой флоры предкамских и восточных районов Татарии // Вопросы агрофитоценологии. Казань: Изд-во Казанского университета, 1971. С. 146–152.
- Юрцев Б. А., Камелин Р. В. Основные понятия и термины флористики: учеб. пособие по спецкурсу. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1991. 80 с.

Tretyakova A., Kondratkov P., Grudanov N. Weed species of the Central Urals (Sverdlovsk region). Occurrence dataset. Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin», 2019. DOI: [10.15468/6zaucq](https://doi.org/10.15468/6zaucq)

**БАЗА ДАННЫХ О РАЗНООБРАЗИИ И РАСПРОСТРАНЕНИИ
ВЕСЛОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ –
ЭНДОПАРАЗИТОВ ВОСЬМИЛУЧЕВЫХ КОРАЛЛОВ МИРОВОГО ОКЕАНА**

Коржавина О. А., Иваненко В. Н.

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

**DATABASE ON DIVERSITY AND DISTRIBUTION
OF COPEPOD CRUSTACEANS, ENDOPARASITES OF OCTOCORALS
OF THE WORLD OCEAN**

Korzhavina O. A.¹, Ivanenko V. N.²

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0001-6329-5035](https://orcid.org/0000-0001-6329-5035)*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0003-1255-0491](https://orcid.org/0000-0003-1255-0491)*

Corresponding e-mail: ivanenko.slava@gmail.com

Summary: a new database dedicated to copepod crustaceans of the family Lamippidae, obligate highly specialized endoparasites of Octocorallia is prepared. It is based on analysis of 46 literature sources, published since 1858. In total, 124 records of 54 species in 11 genera of lamippid copepods are found on 42 species, 33 genera, 18 families of octocorals.

Keywords: Cnidaria, Copepod, Lamippid, Parasite, Analysis

Копеподы семейства Lamippidae (Copepoda: Cyclopoida) – облигатные высокоспециализированные эндопаразиты представителей класса Octocorallia (Bruzelius, 1858; Buhl-Mortensen, Mortensen, 2004a, 2004b; Kim, 2004, 2007, 2009; Ivanenko et al., 2017; Williams et al., 2018; Shelyakin et al., 2018). Влияние ламиппид на октокораллы из-за их способности к регенерации тканей длительное время считалось несущественным (Bouligand, Delamare, 1959b; Buhl-Mortensen, Mortensen, 2004; Lau et al., 2019). Однако недавняя находка копепод рода *Sphaerippe*, ответственных за возникновение синдрома множественных розовых пятен у карибского морского веера *Gorgonia ventalina* (Linnaeus 1758) (Ivanenko et al., 2017; Shelyakin et al., 2018) – первый случай заболевания октокораллов, вызванный многоклеточным животным (Weil et al., 2016; Lau et al., 2019). В этой связи нами была поставлена задача по созданию базы данных о всех опубликованных данных о разнообразии, распространении и экологии копепод семейства Lamippidae. Обзор основан на анализе 46 литературных источников, опубликованных с 1858-го по 2017 год. Все сведения (таксономия хозяев и симбионтов, ссылки на уникальные записи в международной базе данных WoRMS (2020), характер симбиозов, название и координаты мест отбора проб, глубины и даты сбора, ссылки на источники информации) были собраны в базе данных Microsoft Access 2016, размещены на портале в GBIF (<https://doi.org/10.15468/yyhgln>) и проанализированы с помощью RStudio Version 1.2.5001 с использованием пакетов *dplyr* (Wickham, Fran, 2019), *ggplot2* (Wickham, 2016),

ggpubr (Kassambara, 2019) и *maps* (Becker et al., 2018). Нами выявлено 124 находки 11 родов и 54 видов ламиппидных копепод, обитающих на представителях 42 видов, 33 родов, 18 семейств, двух отрядов (Alcyonacea и Pennatulacea) восьмилучевых кораллов, что составляет менее 1 % от их разнообразия. Значительная часть видов ламиппид (29 из 54) описана только по единственной находке и нуждается в дополнительном исследовании. Ламиппид находили в галлах, каналах ценосарка или мезоглее (4, 31 и один вид, соответственно) (Bouligand, 1960; Laubier, 1972; Grygier, 1983; Boxshall, Halsey, 2004; Williams et al., 2018). Большинство ламиппид найдено на мелководье до 35 м (32 вида). Принимая в расчет то, что около 75 % видов восьмилучевых кораллов обитают на глубинах более 50 м (Pérez et al., 2016; Lau et al., 2019), очевидна крайне слабая изученность глубоководных ламиппид (Heegard, 1949; Laubier, 1972; Grygier, 1983; Buhl-Mortensen, Mortensen, 2004b). Наибольшее разнообразие ламиппид выявлено в северно-умеренной части Атлантического океана (45 видов), Центральной Индо-Пацифике (десять видов) и Тропической Атлантике (восемь видов), тогда как находки копепод на юге Тихого и Индийского океанов не отмечены. Эти данные указывают на слабую изученность большинства районов Мирового океана. Упрощенная морфология тела и редукция конечностей ламиппид, связанная с паразитическим образом жизни, затрудняют определение внутри- и межвидовых границ, а также определение положения семейства в системе Copepoda. Сравнение представленных в Генбанке последовательностей COI *Lamippe bouligandi* Laubier, 1972, найденных на глубоководье у берегов Канады, с таковыми, собранными нами на Большом барьерном рифе и в Карибском море, показало 74 %-ное различие и свидетельствует о значительной неоднородности семейства Lamippidae не только на морфологическом, но и на генетическом уровне. Учитывая это и сложности с определением межвидовых границ восьмилучевых кораллов (Sánchez et al., 2003, 2007), определение специфичности копепод к хозяину на данный момент не представляется возможным (Ivanenko et al., 2018). Таким образом, анализ базы данных показал необходимость дальнейшего исследования копепод семейства Lamippidae с применением современных методов интегративной таксономии и молекулярной филогенетики.

Благодарности

Создание базы, набора данных, подготовка тезисов и участие в конференции поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (гранты № 18-54-34007, 18-04-01192, 18-54-45016).

Литература

- Becker R. A., Wilks A. R., Brownrigg R., Minka T. P., Deckmyn A. Draw Geographical Maps. R package version 3.3.0. 2018. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=maps> (2020-02-14).
- Bouligand Y. Notes sur la famille des Lamippidae, I // Crustaceana. 1960. V. 1. P. 258–278.
- Bouligand Y., Delamare Deboutteville Cl. “*Lamippella faurei*” n. g., n. sp. Considérations morphologiques sur la famille des Lamippides, Copépodes parasites des Octocarallaires // Comptesrendus de l’Académie des Sciences. 1959. V. 249. P. 1807–1809.
- Boxshall G. A., Halsey S. H. An introduction to copepod diversity. Ray Society. 2004.
- Bruzeliuss R. Om en i *Pennatula rubra* lefvande parasit. Öfversigt af Förhandlingar: Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademien. 1858. V. 3. P. 181–185.
- Buhl-Mortensen L., Mortensen P. B. Crustaceans associated with the deep-water gorgonian corals *Paragorgia arborea* (L., 1758) and *Primnoa resedae formis* (Gunn., 1763) // Journal of Natural History. 2004a. V. 38. № 10. P. 1233–1247.

- Buhl-Mortensen L., Mortensen P. B. *Gorgonophilus canadensis* n. gen., n. sp. (Copepoda: Lamippidae), a gall forming endoparasite in the octocoral *Paragorgia arborea* (L., 1758) from the Northwest Atlantic // *Symbiosis*. 2004b. V. 37. P. 155–268.
- Grygier M. J. An endoparasitic Lamippid Copepod in *Acanella* from the North Atlantic // *Crustaceana*. 1983. V. 45. № 2. P. 176–182.
- Heegaard P. Notes on parasitic copepods // *Vid. Medd. Dansk naturh. Foren.* 1949. V. 111. P. 235–245.
- Ivanenko V. N., Hoeksema B. W., Mudrova S. V., Nikitin M. A., Martínez A., Rinskaya-Korsakova N. N., Berumen M. L., Fontaneto D. Lack of host specificity of copepod crustaceans associated with mushroom corals in the Red Sea // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2018. V. 127. P. 770–780.
- Ivanenko V. N., Nikitin M. A., Hoeksema B. W. Multiple purple spots in the Caribbean Sea fan *Gorgonia ventalina* caused by parasitic copepods at St. Eustatius, Dutch Caribbean // *Marine Biodiversity*. 2017. V. 47. P. 79–80.
- Kassambara A. ggpubr: ‘ggplot2’ Based Publication Ready Plots. R package version 0.2.4. 2019. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr> (2020-02-14).
- Kim I.-H. Copepods (Crustacea) associated with marine invertebrates from the Moluccas // *Korean Journal of Systematic Zoology*. 2007. V. 6. P. 1–126.
- Kim I.-H. Poecilostome copepods (Crustacea: Cyclopoida) associated with marine invertebrates from tropical waters // *Korean Journal of systematic Zoology*. 2009. V. 7. P. 1–90.
- Kim I.-H. Six new species of *Enalcyonium* (Copepoda, Cyclopoida, Lamippidae) parasitic in octocorals from New Caledonia // *Korean Journal of systematic Zoology*. 2004. V. 20. P. 141–154.
- Korzhavina O. A., Hoeksema B. W., Ivanenko V. N. A review of Caribbean Copepoda associated with reef-dwelling cnidarians, echinoderms and sponges // *Contributions to Zoology*. 2019. V. 88. № 3. C. 297–349.
- Korzhavina O. A., Ivanenko V. N. Lamippidae – endoparasites of octocorals of the world. Occurrence dataset GBIF.org. Version 1.5. Lomonosov Moscow State University, 2019. DOI: [10.15468/yyhgln](https://doi.org/10.15468/yyhgln) (2020-02-14).
- Lau Y. W., Polisen A., Kushida Y., Quéré G., Reimer J. D. The Classification, Diversity and Ecology of Shallow Water Octocorals. *Encyclopedia of the World’s Biomes*, 2019. DOI: [10.1016/B978-0-12-409548-9.12109-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12109-8)
- Laubier L. Lamippe (Lamippe) bouligandi sp. nov., Copépode parasite d’Octocoralliaire de la Mer du Labrador // *Crustaceana*. 1972. V. 22. № 3. P. 285–293.
- Pérez C. D., de Moura Neves B., Cordeiro R. T., Williams G. C., Cairns S. D. Diversity and distribution of Octocorallia // *The Cnidaria, Past, Present and Future*. Edited by S. Goffredo, Z. Dubinsky. Springer International Publishing, 2016. P. 109–123. DOI: [10.1007/978-3-319-31305-4_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31305-4_8)
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. URL: <http://www.R-project.org/> (2020-02-14).
- Sánchez J. A., Aguilar C., Dorado D., Manrique N. Phenotypic plasticity and morphological integration in a marine modular invertebrate // *BMC Evolutionary Biology*. 2007. V. 7. Article 122.
- Sánchez J. A., McFadden C. S., France S. C., Lasker H. R. Molecular phylogenetic analyses of shallow-water Caribbean octocorals // *Mar Biol.* 2003. V. 142. P. 975–87.
- Shelyakin P. V., Garushyants S. K., Nikitin M. A., Mudrova S. V., Berumen M., Speksnijder A. G. C. L., Hoeksema B. W., Fontaneto D., Gelfand M. S., Ivanenko V. N. Microbiomes of gall-inducing copepod crustaceans from the corals *Stylophora pistillata* (Scleractinia) and *Gorgonia ventalina* (Alcyonacea) // *Scientific Reports*. 2018. V. 8. P. 1–10.
- Wickham H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York: Springer-Verlag, 2016.
- Wickham H., François R., Henry L., Miller K. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.8.3. 2019. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr> (2020-02-14).
- Williams J. D., Anchaluisa B., Boyko C. B., McDaniel N. Description of a new endoparasitic copepod genus and species (Lamippidae) that induces gall formation in leaves of the sea pen *Ptilosarcus gurneyi* (Octocorallia) from British Columbia // *Marine Biodiversity*. 2018. V. 48. P. 1–11.

РОЛЬ АГРОЛАНДШАФТА В ФОРМИРОВАНИИ ЛАНДШАФТНОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕГИОНА

Коровин В. А.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ROLE OF CULTIVATED LANDS IN THE REGION'S LANDSCAPE AND BIOLOGICAL DIVERSITY FORMATION

Korovin V. A.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Corresponding e-mail: vadim_korovin@mail.ru

Summary: in forest areas, the cultivated land constitutes the principal part of the open ground surface landscape. Along with its basic purpose of agricultural production, it performs an important biospheric function raising the level of landscape and biological diversity of the region.

Keywords: cultivated land, birds, biological diversity

В основной сельскохозяйственной области России, охватывающей степь, лесостепь и южную часть лесной зоны, агроландшафты составляют значительную часть всей территории, которая соизмерима по площади с природными ландшафтами, а в отдельных зонах и превышает последние. Это дает основание говорить о формировании нового – полевого – типа биомов (Исаков и др., 1980). В лесной зоне сельскохозяйственные земли составляют основную часть открытых наземных ландшафтов, играя значимую роль в формировании ландшафтной структуры региона и его биологического разнообразия. Птицы, оперативно реагирующие на изменение экологической обстановки, могут служить информативным биологическим индикатором этих процессов. Исследования фауны и населения птиц агроландшафтов проведены на многолетнем стационаре в Сысертском районе Свердловской области (биостанция УрФУ) в последней четверти XX в. и в начале нового столетия (Коровин, 2004, 2014а, 2015).

Условия обитания птиц на сельскохозяйственных землях характеризуются специфическими особенностями: значительно более узким по сравнению с природными ландшафтами диапазоном экологических условий, малоблагоприятными для большинства видов гнездовыми и защитными качествами местообитаний и относительно высоким богатством кормовых ресурсов. Эти качества среды обитания определяют характерные черты орнитокомплексов агроландшафта: бедный состав гнездящихся птиц (6–10 видов) и преобладание видов, использующих поля в качестве кормовых местообитаний. Названные особенности обуславливают и своеобразный характер сезонной динамики населения птиц – близкие к минимальным на протяжении бесснежного периода года показатели видового богатства и обилия птиц в гнездовой период и значительно более высокие – в периоды послегнездовых кочевков и миграций (Коровин, 2004). В целом общий уровень видового богатства и обилия птиц в агроландшафте соизмерим с таковым в природных ландшафтах.

Присутствие сельскохозяйственных земель существенно увеличивает общее ландшафтное разнообразие территории. Особенно ярко эта роль проявляется в лесной зоне Среднего Урала, где открытые ландшафты – пойменные луга, пастбища и сенокосы – занимают ограниченную площадь. Появление и распространение возделываемых земель ведет к формированию лесопольного ландшафта, физиономически сходного с лесостепью, и способствует расселению в лесную зону многих типичных представителей лесостепного и степного фаунистических комплексов – перепела *Coturnix coturnix* (L.), серой куропатки *Perdix perdix* (L.), степного луны *Circus macrourus* (Gm.), могильника *Aquila heliaca* (Sav.), полевого жаворонка *Alauda arvensis* L., грача *Corvus frugilegus* L. и др. Для аборигенных обитателей открытых биотопов возделываемые земли существенно увеличивают площадь пригодных для жизни местообитаний (полевой лунь *Circus cyaneus* (L.), болотная сова *Asio flammeus* (Pontopp.), коростель *Crex crex* (L.), луговой *Saxicola rubetra* (L.) и черноголовый *S. torquata* (L.) чеканы и др.). По условиям гнездования являясь субоптимальными для большинства таких видов, они могут служить важными резервными местообитаниями в годы повышения численности популяций, когда благоприятные естественные станции оказываются полностью заселены. Значительно более разнообразен в агроландшафте лесной зоны комплекс опушечных, или экотонных, видов – обитателей полуоткрытых местообитаний (серая куропатка, пустельга *Falco tinnunculus* L., канюк *Buteo buteo* (L.), голуби *Columba palumbus* L., *Streptopelia orientalis* (Lath.), обыкновенная овсянка *Emberiza citronella* L., серая ворона *Corvus cornix* L., сорока *Picapica* (L.) и др.). Сельскохозяйственные земли для этих птиц существенно увеличивают площадь благоприятных местообитаний и емкость среды в целом.

Характерным элементом инфраструктуры агроэкосистем являются искусственные водоемы, устраиваемые по малым рекам и ложбинам естественного стока. Во многих регионах, в частности в восточных предгорьях Среднего Урала, такая система прудов суммарно значительно превышает площадь естественных водоемов и служит важным местообитанием водных и околоводных птиц.

Повсюду, от тайги до степи, агроландшафт служит основным экологическим руслом миграций для птиц открытых ландшафтов – не только местных, но и тундровой зоны, что способствует повышению общего уровня видового разнообразия.

Агроландшафт с момента своего возникновения выступает широкой ареной синантропизации птиц. Не вызывает сомнений, что достигнутый к настоящему времени ее уровень у таких типичных синантропов, как сизый голубь *Columba livia* L., полевой *Passer montanus* (L.) и домовый *Passer domesticus* (L.) воробьи, а также у видов, демонстрирующих склонность к заселению антропогенно-трансформированных ландшафтов – врановых и др. – сформировался в значительной мере благодаря тесным связям с агроландшафтом и сельским хозяйством в целом. Процессы синантропизации птиц, обусловленные сельскохозяйственной деятельностью человека, продолжаются и в наши дни. В качестве кормовых биотопов поля использует очень значительное количество видов, в том числе крупные и особо чувствительные к фактору беспокойства – лебедь-кликун *Cygnus cygnus* (L.) многие виды гусей и уток, орлы, журавли и др. При этом птицы неизбежно вступают в контакт непосредственно с человеком или атрибутами его сельскохозяйственной деятельности – машинами, агрегатами, транспортом и т.п. Хотя далеко не все виды демонстрируют в настоящее время быстрые темпы синантропизации, прочные экологические связи с агроландшафтом создают предпосылку для реализации этого потенциала в будущем. Такая перспектива существенно увеличивает шансы на сохранение многих редких и исчезающих видов.

Экологическая обстановка в агроландшафте существенно изменилась в годы экономического кризиса 1990-х – начала 2000-х гг., когда значительная часть пашни была выведена из оборота. В Свердловской области посевная площадь к 2012 г. сократилась на 37 % (Сельское хозяйство..., 2002; 2016), в районе исследований на тот же период – на 40 %. На месте заброшенных полей сформировались многолетние залежи, существенно преобразившие первоначальный облик агроландшафта, сложившийся в период интенсификации сельского хозяйства. На заброшенных полях развивается естественная восстановительная сукцессия растительности. Уже на первых ее стадиях происходит значительное увеличение количества гнездящихся видов и их суммарного обилия (Коровин, 2014а). В основе увеличения этих параметров лежит сложно дифференцированная ярусная и горизонтальная структура фитоценозов, обеспечивающая благоприятные условия обитания как полевых и луговых видов, так и разнообразных лугово-кустарниковых птиц. Представители последней экологической группы, вплоть до возраста залежей 10–12 лет, составляют до половины всех гнездящихся видов и 40–60 % суммарной плотности. Поскольку естественные лугово-кустарниковые местообитания в районе исследований распространены спорадично и занимают весьма ограниченную площадь, можно с уверенностью полагать, что основная часть популяций обыкновенного сверчка *Locustella naevia* (Bodd.), северной бормотушки *Hippolais caligata* (Licht.), лугового и черноголового чеканов в рассматриваемый период размещалась именно на залежах, а их численность значительно превышала таковую в период интенсивного использования пашни. Наиболее ярким примером может служить северная бормотушка, которая до конца XX в. оставалась редким спорадически распространенным видом, заселяющим узколокальные фрагменты местообитаний. С заселением зарастающих залежей она многократно увеличила свою численность, заняв устойчивую позицию одного из лидирующих видов в населении птиц агроландшафта. К комплексу лугово-кустарниковых видов может быть отнесена и садовая овсянка *Emberiza hortulana* L. Северная граница ее ареала проходит в лесостепи Зауралья (Степанян, 1990). Появление больших массивов заброшенных полей вызвало волну расселения вида к северу, вплоть до южной тайги, где эти птицы заселили зарастающие древесным подростом залежи (Коровин, 2014б; Рябицев, 2014).

Площадь неиспользуемых сельскохозяйственных земель, на которых в настоящее время протекает восстановление лесной растительности, соизмерима с таковой концентрированных рубок, а в большинстве южных районов тайги значительно превышает последнюю. С первых этапов восстановительной сукцессии, задолго до начала хозяйственной эксплуатации лесных ресурсов, эти территории выполняют важную биосферную функцию, повышая уровень ландшафтного и биологического разнообразия региона.

Литература

- Исаков Ю. А., Казанская Н. С., Панфилов Д. В. Классификация, география и антропогенная трансформация экосистем. М., 1980. 266 с.
- Коровин В. А. Птицы в агроландшафтах Урала. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. 504 с.
- Коровин В. А. Динамика населения птиц агроландшафта Среднего Урала в связи с расширением площади залежей // Известия Самарского научного центра РАН. 2014а. Т. 16. № 5 (1). С. 340–343.
- Коровин В. А. Садовая овсянка в Свердловской области // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. 2014б. Вып. 19. С. 72–75.
- Коровин В. А. Многолетние изменения населения птиц агроландшафта на Среднем Урале // Сибирский экологический журнал. 2015. № 2. С. 282–288.
- Рябицев В. К., Рябицев А. В. Садовая овсянка на юге Свердловской области // Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири. 2014. Вып. 19. С. 133–136.

Сельское хозяйство в Свердловской области за 1996–2001 годы: статистический сборник / Свердловский областной комитет государственной статистики. Екатеринбург, 2002. 83 с.

Сельское хозяйство, охота и лесоводство в Свердловской области: статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области. Екатеринбург, 2016. 196 с.

Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны СССР. М.: Наука, 1990. 728 с.

**БИОКЛИМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКИХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ
ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ИХ ПОЛЕМОХОРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ РОССИИ**

Королькова Е. О.^{1,2,3}, Васильков Я. Е.¹

¹Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

²Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики,
Москва, Россия

³Государственный заповедник «Полистовский»,
Псковская область, п. Бежаницы, Россия

**BIOCLIMATIC MODELING OF THE DISTRIBUTION
OF WESTERN EUROPEAN VASCULAR PLANT SPECIES
TO ESTABLISH THEIR POLEMOCHORAL ORIGIN ON THE TERRITORY
OF CENTRAL RUSSIA**

Korolkova E. O.^{1,2,3}, Vasilkov Y. E.¹

¹Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia

²National Research University Higher School of Economics,
Moscow, Russia

³Polistovsky National Nature Reserve, Russia

Corresponding e-mail: korol-k@mail.ru

Summary: for the first time, the method of bioclimatic modeling was used to determine the boundaries of the range of occurrence of a potential polemochoral species of vascular plants. Thus models confirm the polemochoral origin for 10 studied species. *Avenella flexuosa* (L.) Drejer. and *Cerastium arvense* L. are located within their natural area.

Keywords: polemochores plants, alien plant species, MaxEnt, biological diversity, WWII

К полемохорам относятся виды заносных растений, проникшие на ту или иную территорию в результате военных действий. В нашей стране это виды, занесенные войсками германского блока во время Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. Для установления «полемохорной» природы видов используется система специальных «фильтров» (Щербаков и др., 2013). В результате планомерной работы многих ботаников за последние годы список потенциально полемохорных видов расширен с восьми, упомянутых в статье А. Н. Сенникова (2012), до трех десятков (Решетникова и др., 2019).

Однако существуют виды, которые часто встречаются в характерных «полемохорных» местах и вместе с несколькими другими видами-полемохорами, но, в то же время, не могут быть уверенно к ним отнесены. Например, *Cerastium arvense* L., многочисленные находки которой стали появляться в послевоенное время. Или *Avenella flexuosa* (L.) Drejer., ареал которой в настоящее время расширяется, а ее возможные полемохорные места произрастания как раз и

становятся источником диаспор. Всё это побуждает нас искать новые методы анализа распространения видов-полемохоров.

Было выполнено биоклиматическое моделирование для определения границ ареала 12 видов сосудистых растений методом максимальной энтропии (MaxEnt v3.4.1; <https://gis-lab.info/qa/maxent.html>). Распределение подходящих для вида мест произрастания оценивалось в соответствии с принципами максимальной энтропии, в качестве «слоев» окружающей среды при моделировании были использованы одиннадцать климатических переменных с разрешением 30 угловых минут от МГЭИК (Phillips et al., 2006; Phillips, Dudik, 2008). Данные о распространении видов были получены из Глобальной информационной системы о биоразнообразии (www.gbif.org).

Мы проанализировали 10 видов, полемохорное происхождение которых при использовании традиционных «фильтров» (Щербаков и др., 2013) не вызывает сомнений: *Carex brizoides* L., *Cruciata glabra* (L.) Ehrend, *C. laevipes* Opiz, *Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy, *Phyteuma spicatum* L., *Pimpinella major* (L.) Huds., *Primula elatior* (L.) Hill, *P. vulgaris* L., *Poa chaixii* Vill., *Danthonia decumbens* DC. Методом максимальной энтропии было показано, что места произрастания всех этих видов на территории Средней России находятся за границами климатического оптимума (вероятность нахождения 0.08–0.23).

Иначе выглядят биоклиматические модели спорных видов-полемохоров: для *Avenella flexuosa* показано, что на территории Средней России вероятность нахождения составляет 0.54–0.62, а для *Cerastium arvense* – 0.54–0.77. То есть условия для произрастания этих видов изначально подходящие, а особенности их современного распространения могут быть объяснены иными факторами, нежели климатические. Например, *Avenella flexuosa* предпочитает бедные песчаные подкисленные почвы, а также известно как растение начальных стадий сукцессии (Жукова, 1980). В то же время именно диаспоры этих видов, занесенные во время ВОВ, могли дать толчок для их современного расселения.

Благодарности

Работа поддержана Грантом РФФИ 18-04-01206 «Анализ современной динамики флоры запада Европейской России на примере миграции видов-полемохоров (растений, занесенных во время Второй мировой войны)».

Литература

- Жукова Л. А. Луговик извилистый // Биологическая флора Московской области. 1980. Вып. 5. С. 46–57.
- Решетникова Н. М., Щербаков А. В., Королькова Е. О. Центральное-европейские виды в окрестностях д. Кобелево (Смоленская область) как следы Великой Отечественной войны // Ботанический журнал. 2019. Т. 104. № 7. DOI: [10.1134/S0006813619070081](https://doi.org/10.1134/S0006813619070081)
- Сенников А. Н. Горькая память земли: растения-полемохоры в Восточной Финляндии и Северо-Западной России // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: материалы IV Междунар. науч. конф. (Ижевск, 4–7 дек. 2012 г.). Ижевск, 2012. С. 182–185.
- Щербаков А. В., Киселева Л. Л., Панасенко Н. Н., Решетникова Н. М. Растения – живые следы пребывания группы армий «Центр» на русской земле // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013: материалы Межрегиональной научной конференции (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). Курск, 2013. С. 198–202.
- Phillips S., Anderson R., Schapire R. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // Ecological Modelling. 2006. V. 190. P. 231–259.
- Phillips S. J., Dudik M. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation // Ecography. 2008. V. 31. P. 161–175.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ *TULIPA* L. В БЕЛГОРОДЕ

Коротких А. С., Дунаев А. В., Дунаева Е. Н.,
Курской А. Ю., Зеленкова В. Н.

*Ботанический сад Белгородского государственного национального
исследовательского университета, Белгород, Россия*

CREATION OF THE COLLECTION *TULIPA* L. IN BELGOROD

Korotkih A. S.¹, Dunaev A. V.², Dunaeva E. N.³,
Kurskoy A. Yu.⁴, Zelenkova V. N.⁵

¹*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-2483-6334*

²*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-9058-7778*

³*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0001-9568-6065*

⁴*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-8400-0694*

⁵*Botanical Garden of Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia,
ORCID: 0000-0002-5191-7359*

Corresponding e-mail: korotkih@bsu.edu.ru

Summary: it proves the practicability of the creation of some representatives of genus *Tulipa* L. collection in Belgorod. It is educed that can be used as raw materials for getting alkaloids. Reproduction, investigating of biological basis, growth and implementation info planting of the most stable species and sorts of *Tulipa* L. representatives will let to create resumed resource base of these valuable plants.

Keywords: *Tulipa* L., introduction, greening, alkaloids

Тюльпан (*Tulipa* L.) – важнейшая промышленная цветочная культура, которая по своей ценности стоит в одном ряду с розами и гвоздикой. Он имеет самое широкое распространение, выращивается во всех странах, и его способность к зимней выгонке позволяет иметь цветущие тюльпаны почти круглый год.

В природе известно около 150 видов тюльпанов, произрастающих в горных и степных районах Средней и Малой Азии, Средиземноморья, на Кавказе и в Западной Сибири. Центром видового разнообразия является Средняя Азия и Казахстан, где обитает более 65 видов.

Научное описание садовых тюльпанов впервые было дано швейцарским ботаником К. Геснером в 1571 г., поэтому сейчас все садовые формы и сорта объединяются под названием тюльпана Геснера (*T. gesneriana* L.), за исключением сортов и форм, относящихся к тюльпанам Фостера, Кауфмана и Грейга.

В Нидерландах занимаются промышленным размножением тюльпана, откуда и поступают луковицы во все страны мира. В этой стране ведется селекционная работа.

В настоящее время насчитывается более 4 тыс. сортов тюльпанов, разнообразных по форме и окраске цветка.

В Россию тюльпаны попали из Голландии в начале XVII в. и использовались, главным образом, для выгонки. Значительно позже они стали и в нашей стране любимым и популярным садовым растением. Заслуга в интродукции многих декоративных растений, в том числе тюльпанов, в первую очередь принадлежит директору Ботанического сада в Санкт-Петербурге Э. Гегелю (Тамберг, 2001).

Растение ядовито, однако в народной медицине и гомеопатии известно своими лечебными свойствами. Спиртовые вытяжки из растения используются как противовоспалительное средство при лечении заболеваний полости рта и носоглотки (стоматитов, гингивитов), для терапии ревматических заболеваний. Тюльпан известен своими тонизирующими свойствами.

Китайская народная медицина рекомендует применять тюльпан при расстройствах желудочно-кишечного тракта, диарее, различных отравлениях и даже опухолях. Неядовитые сорта тюльпанов используют в дерматологической практике для лечения гнойничковых поражений кожи, различных дерматозов, экзем.

В лепестках растения найдены полезные вещества: алкалоид тулипин, тулипозиды, тулипалины, А, В, С, органические кислоты, калий, магний и др. микроэлементы. Также тюльпаны нередко используют в косметологии, где они не менее распространены, чем в медицине. В Японии, например, из них готовят массу средств для тела и лица (Лисянский, 2002).

Создание и изучение коллекций тюльпанов способствует расширению культигенного ареала и внедрению наиболее устойчивых в культуре видов и сортов в озеленение населенных пунктов г. Белгорода. В связи с этим целью данной работы является изучение предпосылок для создания коллекции представителей рода *Tulipa* L. в открытом грунте на базе НОЦ ботанического сада НИУ «БелГУ».

В настоящий момент в НОЦ Ботаническом саду НИУ «БелГУ» исследования проводятся на коллекции, представленной 3 видами: тюльпаном поздним (*T. tarda* Stapf = *T. dasystemon* Regel), тюльпаном туркестанским (*T. turkestanica* Regel = *T. silvestris* var. *Turkestanica* Regel), тюльпаном Эйхлера (*T. eichleri* Regel) и 21 сортом различного происхождения, принадлежащих к 3 разделам и к 12 классам международной садовой классификации тюльпанов:

раздел Среднецветущие тюльпаны:

- класс Триумф – ‘Princes Irene’, ‘Ravana’, ‘Del Piero’, ‘Cairo’;
- класс Дарвиновы гибриды – ‘Design Impression’;

раздел Поздноцветущие тюльпаны:

- класс Простые поздние – ‘Blue Pearl’;
- класс Лилиецветные – ‘Dyanito’;
- класс Бахромчатые – ‘Bell Song’, ‘Queensland’;
- класс Зеленоцветковые – ‘Golden Artist’, ‘China Town’;
- класс Рембрандт – ‘Ida’;
- класс Попугайные – ‘Bastogne Parrot’, ‘Blue Parrot’, ‘Super Parrot’;
- класс Махровые поздние – ‘Carnaval de Nice’, ‘Freeman’, ‘Brooklyn’;

раздел Другие виды, их разновидности и гибриды:

- класс Тюльпаны Кауфмана – ‘Heart’s Delight’;
- класс Тюльпаны Фостера – ‘Princeps’;
- класс Тюльпаны Грейга – ‘Corsage’.

Для обоснования целесообразности интродукции этих представителей использован эколого-географический метод.

Тюльпан поздний (*T. tarda* Stapf) встречается крайне редко на каменистых и щебнистых склонах гор Северного Тянь-Шаня. Растения высотой от 5 до 20 см. Цветок белый с широким желтым дном. Диаметр цветка 2–3 см. Цветет в апреле – мае. Продолжительность цветения 6–14 дней.

Один из самых декоративных видов для ландшафтного оформления. Незаменим для озеленения каменистых участков. В выгонке декоративен только при ярком освещении, когда его цветки полностью раскрываются. Хорошо размножается вегетативно и семенами.

Тюльпан туркестанский (*T. turkestanica* Regel) распространен на глинистых и каменистых склонах от предгорий до высоты 2 500 м н. у. м. в Памиро-Алае, Тянь-Шане. Растения высотой от 10 до 25 см. Бутоны прямостоячие. Цветок белый, с узким вытянутым основанием, открывающийся в виде звездочки, с листочками околоцветника, несколько загнутыми внутрь. Диаметр цветка от 3 до 5 см. Цветет в марте – апреле около 10 дней. Размножается вегетативно. Очень декоративен при посадках небольшими группами в альпинариях.

Тюльпан Эйхлера (*T. eichleri* Regel) произрастает на сухих склонах в Восточном Закавказье и Иране. Цветок колокольчатый, с широким, почти плоским основанием, крупный, красный, с темным дном с желтым окаймлением. Диаметр цветка 4–6 см. Все листочки околоцветника загнуты кнаружи. Цветет с 5–10 мая, продолжительность цветения 16–18 дней. Один из лучших видов для выращивания в садах. Размножается вегетативно (Энциклопедия..., 2019).

Тюльпаны относятся к группе весенне-цветущих эфемероидов. Для роста стеблей, листьев, цветков необходима температура 18–20 °С. Понижение температуры во время вегетации до 15 °С тормозит рост тюльпана, задерживая цветение. Тюльпаны хорошо переносят низкие весенние температуры и даже заморозки, а при высоких температурах они быстро отцветают. Растения достаточно зимостойки, однако в суровые зимы они могут повреждаться и даже вымерзать.

Для тюльпана избыток влаги в почве вреден. При длительном переувлажнении отмирают корни, луковица гниет и растение сильнее поражается болезнями (Тамберг, 2001). Для луковичных растений важен хороший дренаж, так как они быстро выпадают в условиях влажных почв, поэтому в условиях Белгородской области с холмистым рельефом, на границе лесостепной и степной зон, виды и сорта рода *Tulipa* L. перспективны для интродукции.

Невысокая требовательность к условиям выращивания, наличие многочисленных форм, отличающихся по строению и размерам околоцветника, а также высокая декоративность обуславливают перспективность исследуемых видов и сортов рода *Tulipa* L. для более широкого использования в цветоводстве и в озеленении. Важно также отметить, что тюльпаны могут быть использованы как сырье для получения алкалоидов. Сохранение, размножение этих растений, изучение биологических основ, культивирование и внедрение в озеленение наиболее устойчивых видов и сортов позволят создать возобновляемую ресурсную базу этих ценных растений.

Литература

- Лисянский Б. Г., Ладыгина Г. Б. Тюльпаны. М.: Астрель; АСТ, 2002. 152 с.
Тамберг Т. Г. Тюльпаны. СПб.: ООО Диамант; Агропром-издат, 2001. 144 с.
Энциклопедия декоративных садовых растений. Виды тюльпанов. URL: http://flower.onego.ru/tulipa_vt.html

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКЦИИ, БАЗЫ ДАННЫХ
И ОПЫТ ИХ ОЦИФРОВКИ В ПРИРОДНОМ ПАРКЕ «КОНДИНСКИЕ ОЗЕРА»
(ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ – ЮГРА)**

Коротких Н. Н.

*Природный парк «Кондинские озера» им. Л. Ф. Сташкевича,
Советский, Россия*

**BIOLOGICAL COLLECTIONS, DATABASES AND EXPERIENCE
OF THEIR DIGITALIZATION IN THE NATURE PARK «KONDINSKIE OZERA»
(KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS DISTRICT – UGRA)**

Korotkikh N. N.

*Nature Park «Kondinskie ozero» named after L. F. Stashkevich,
Sovietskiy, Russia*

Corresponding e-mail: Korotkikh@mail.ru

Summary: a review of biological collections and databases of the natural park is given. The experience of their digitization is shown.

Keywords: biological collections, databases, chronicle of nature, GBIF, specially protected natural area

В системе особо охраняемых природных территорий России природные парки занимают особое место. Помимо природоохранных функций в цели и задачи природных парков входят создание условий для отдыха (в том числе массового) населения и сохранение рекреационных ресурсов, а также научно-исследовательская и эколого-просветительская деятельность.

Природный парк окружного значения «Кондинские озера» им. Л. Ф. Сташкевича был создан в 1998 году на базе муниципального историко-культурного парка в целях сохранения водной системы озер Арантур, Понтур, Рангетур Кондинского речного бассейна и прилегающих территорий. Площадь территории составляет 43.9 тыс. га.

Территория находится в подзоне средней тайги. Занимает левобережье р. Конды в ее верхнем течении. Северная граница проходит по широте 61°02', а южная соответствует 60°45'. Самая западная точка имеет долготу 63°25', а долгота восточной границы равна 63°48'. В административном отношении территория природного парка входит в состав Советского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (Калинин, 2012).

В рамках осуществления научно-исследовательской деятельности, с момента создания природного парка, его научные сотрудники ведут планомерную работу по изучению биологического разнообразия территории, выявлению мест обитания видов, сбору и хранению биологических коллекций. Также ведется сбор гидрологической, геохимической, метеорологической информации, экологический мониторинг, проводятся систематические ежегодные геоботанические и фенологические описания и наблюдения за состоянием растительных сообществ, ведется календарь природы. Основным документом научной деятельности в природном парке является «Летопись природы».

На сегодняшний день по результатам инвентаризации флористического разнообразия выявлено, что на территории природного парка произрастают 335 видов высших сосудистых растений, 159 видов мохообразных, 204 вида лишайников, 198 видов водорослей и 379 видов грибов.

Общий фаунистический список насчитывает 832 вида: 48 видов млекопитающих, 132 вида птиц, 3 вида амфибий, 2 вида рептилий, 11 видов рыб, 638 видов беспозвоночных животных.

Составлены полные таксономические списки всех групп живых организмов, представленных на территории.

В настоящее время гербарный фонд природного парка содержит более 2 500 экземпляров гербарных образцов, из них: 231 экземпляр – грибы, 498 экземпляров – мхи, 234 экземпляра – лишайники и свыше 1 500 экземпляров – высшие сосудистые растения.

Зоологическая коллекция беспозвоночных животных насчитывает 250 экземпляров.

Картотека первичных полевых материалов включает: карточки зимнего маршрутного учета (1 012 шт.), карточки регистрации встреч бурого медведя (603 шт.), карточки регистрации встреч краснокнижных видов фауны (452 шт.), бланки геоботанических описаний (1 457 шт.), фенологические анкеты (525 шт.), полевые дневники (1 008 шт.).

Для систематизации и эффективной обработки полученных данных в природном парке были разработаны и введены в действие базы данных: «Фенология» (4 803 карточки), «Урожайность» (1 276 записей), «Геохимия» (4 240 карточек), «Гидрология» (638 записей), «Метеорология» (7 092 записи), «Гербарий» (364 записи), «Геоботаника» (633 записи), «Птицы» (3 645 записей), «Зимний маршрутный учет (ЗМУ)» (14 824 записей), «Регистрация редких и нуждающихся в особой охране видов флоры» (306 записей), «Регистрация редких и нуждающихся в охране видов фауны» (576 записей), «Ugrabio» (139 записей). Базы данных регулярно пополняются в течение полевых сезонов.

Все базы данных, кроме базы данных «Фенология», имеют формат Excel. База данных «Фенология» является авторской, создана в программе DOS и имеет расширение .exe.

Для доступности полученных полевых материалов, хранящихся в архивах природного парка, и материалов Летописи природы широкому кругу исследователей и любителей природы, с 2019 года научными сотрудниками природного парка начата оцифровка накопленных данных для публикации в Глобальной сети открытых данных о биоразнообразии (GBIF).

Первым этапом была регистрация организации в GBIF. Вторым этапом стала стандартизация исходных данных, хранящихся в аналоговом или цифровом виде в разных форматах, в формат Darwin Core и публикация этих данных в GBIF.

В настоящее время число записей природного парка составляет 3 % от количества опубликованных находок для Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, он занимает 4-е место среди зарегистрированных организаций.

Всего для природного парка опубликовано 14 наборов данных о биоразнообразии территории: чек-лист «Сосудистые растения» (335 записей), чек-лист «Бриофлора» (114 записей), чек-лист «Грибы» (379 записей), чек-лист «Позвоночные животные» (196 записей), «Гербарий сосудистых растений» (332 записи), «Учеты птиц» (3 865 записей), «Фенология сосудистых растений» (701 запись), «Фенология грибов» (224 записи), «Фенология насекомых» (51 запись), «Фенология рыб» (11 записей), «Фенология рептилий» (14 записей), «Фенология птиц» (145 записей), «Фенология млекопитающих» (26 записей), «Фенология амфибий» (15 записей).

В планах публикация чек-листов – «Лишайники», «Водоросли», «Беспозвоночные животные», «Находки краснокнижных видов сосудистых растений», «Встречи краснокнижных видов животных», «Урожайность ягодников», «Зимние маршрутные учеты», «Коллекция грибов».

Важное место в публикации данных о биоразнообразии территории природного парка в GBIF занимает публикация данных на платформе iNaturalist. Научными сотрудниками сделано более 200 наблюдений (75 видов) в проектах: Mushroom observations in Yugra region, Flora of Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Biodiversity of Yugra, Biodiversity and conservation in Yugra region, Nature Park Kondinskie Ozero.

Литература

Природный парк «Кондинские озера». Под ред. В. М. Калинина. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. 398 с.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ВЕДЕНИЮ КОЛЛЕКЦИИ «ДЕНДРАРИЙ» ЦБС НАН БЕЛАРУСИ

Котов А. А.¹, Сипач В. А.²

¹*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь*

²*Геоинформационные системы Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Беларусь*

NEW APPROACHES FOR MAINTAINING THE COLLECTION "DENDRARI" CBG NAS BELARUS

Kotau A. A.¹, Sipach V. A.²

¹*Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

²*Geoinformation Systems of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

Corresponding e-mail: kotovkaa@gmail.com; slava-sipach@tut.by

Summary: the article provides the date on creating database for stocktaking and handling the ornamental woody plants at the Central Botanical Garden of National Academy of Science of Belarus on the basis of geographic information system (GIS) for addressing the problem related to the preservation of biological diversity.

Keywords: collection of the botanical garden, database, GIS-technology, arboretum

Важнейшей проблемой в научной деятельности Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси является сохранение и приумножение природных богатств, привлечение и апробация новых растительных ресурсов для нужд Республики Беларусь. Именно в этом направлении и работает лаборатория интродукции древесных растений, решая вопросы интродукции древесных и кустарниковых растений с пополнением коллекционных фондов дендрария.

Основой для создания сада в 1932 году послужила территория бывшей сельскохозяйственной выставки, в прошлом соснового леса 3-го бонитета. Рельеф местности ровный, с незначительными возвышенностями и понижениями. Почвы не отличаются большой пестротой. Наиболее распространенными типами являются дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на различных породах ледникового и водно-ледникового происхождения.

Площадь территории сада составляет 93.0 га. Площадь коллекции «Дендрарий» (далее – дендрарий) составляет 45 га и 2 га – питомник.

В 1971 году произрастало около 1 400 видов и форм древесно-кустарниковых растений, и по сравнению с 1959 годом коллекция увеличилась на 600 образцов. Сектор Центральной и Восточной Азии представлен 568 видами и формами. Сектор Северной Америки – 409 видами и формами. Хвойных – 86 видов и 4 формы, выходящих – 109 видов. Представлены полиморфные

роды: клен (37 видов и 9 форм), барбарис (49 и 2), боярышник (127 и 25), дуб (24), береза (33 и 2), яблоня (30), липа (19 и 3) (Деревья и кустарники..., 1968).

В 1982 году коллекция насчитывала 1 500 видов, разновидностей, форм и сортов (Древесные растения..., 1982).

По состоянию на январь 2018 года сохранялись 2 462 образца из 65 семейств 182 родов 1 495 видов (Центральный ботанический сад..., <http://cbg.org.by/collections>).

Структурно дендрарий сформирован по географическому принципу, согласно которому древесные растения при их посадке на постоянное место размещаются в отдельных географических секторах в соответствии с их географическим происхождением. Такое решение было принято изначально, еще при его организации. В большинстве случаев границы территориальных и географических секторов совпадают.

Территориально дендрарий разделен на 7 секторов радиально расходящимися от центрального партера аллеями из аборигенных и интродуцированных древесных пород. Северной границей дендрария является аллея клена серебристого, западной – аллея тополя канадского, восточной – аллея из яблонь крепов, южные границы дендрария и Сада совпадают.

Первичной территориальной единицей дендрария является участок. Участки имеют произвольную форму и отделены друг от друга пешеходными дорожками или тропинками, каждому из них присвоен постоянный учетный номер.

Сотрудниками лаборатории проведена работа по инвентаризации коллекции дендрария с использованием ГНСС-приемника с режимом RTK и геоинформационного программного обеспечения ArcGIS Desktop 10.5.1. Для пространственного размещения и возможности ориентироваться по карте подготовлены базовые картографические слои, полученные проведением полевой съемки: граница ЦБС НАН Беларуси, границы участков, дорожно-тропиночная сеть, здания и сооружения. В качестве базового растрового слоя используется мозаика спутниковых снимков бесплатного картографического сервиса Карты Google.

В коллекции дендрария 6 650 растений. Получены точные координаты расположения каждого образца растений с возможностью дальнейшего пополнения данных о конкретном образце. В процессе работы, кроме координатной привязки, собирались данные о состоянии, высоте, диаметре ствола для деревьев, интродукционный номер, участок, сектор.

По сектору Восточной Азии количество экземпляров – 2 216, таксонов – 445, родов – 94, семейств – 42. По жизненной форме: деревьев – 1 104, кустарников – 1 091, лиан – 21.

В разрезе возрастной структуры сектор Восточной Азии представлен растениями, посаженными на постоянное место произрастания: 0–10 лет – 84; 11–20 лет – 97; 21–30 лет – 11; 31–40 лет – 130; 41–50 лет – 176; 51–60 лет – 311; 61–70 лет – 305; 71–80 лет – 159; 81–90 лет – 144.

Итогом работы на данном этапе инвентаризации стали серии цифровых карт ГИС. Помимо этого, к каждому участку будет изготовлен отдельный бумажный планшет формата А2.

Созданная в течение нескольких десятилетий дендрологическая коллекция ЦБС НАН Беларуси служит базой для обширных эколого-биологических исследований интродуцированных древесных растений: для изучения их зимостойкости, ритмики сезонного развития, биологии плодоношения, декоративности, отношения к вредителям и болезням и других хозяйственных качеств. Многолетние исследования позволяют оценить адаптационные возможности интродуцентов к местным почвенно-климатическим условиям, перспективность введения их в культуру и внедрения в практику зеленого строительства. В этом аспекте, произрастающие в коллекции Сада интродуцированные древесные растения являются

бесценным источником исходного семенного и вегетативного материала для размножения перспективных видов.

Созданная электронная база растений позволит в реальном времени отслеживать состояние и перспективы интродукции, реинтродукции, ухода, применения и рекомендаций для каждого растения в отдельности или групп растений и видов; объединять и проводить комплексный уход по определенным видам работ, экономя время и средства.

Литература

Деревья и кустарники, розы и сирень. Под ред. акад. АН БССР Н. В. Смольского. Мн., 1968.

Древесные растения Центрального ботанического сада АН БССР. Отв. ред. Н. Д. Нестерович. Мн., 1982.

Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси: сайт. URL: <http://cbg.org.by/collections>
(дата обращения: 14.02.2020).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ О РЕДКИХ ВИДАХ ЖИВОТНЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН (НА ПРИМЕРЕ ПЛАТФОРМЫ INATURALIST.ORG)

Кривошеев М. М.¹, Герасимов С. В.², Ахмедьянов Д. И.¹

¹Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

²Республиканский детский эколого-биологический центр, Уфа, Россия

USING GIS TECHNOLOGIES TO OBTAIN DATA ABOUT RARE ANIMAL SPECIES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN (ON THE EXAMPLE OF THE INATURALIST.ORG PLATFORM)

Krivosheev M. M.¹, Gerasimov S. V.², Akhmedyanov D. I.³

¹Bashkir State University, Ufa, Russia,

ORCID: [0000-0003-1306-1614](https://orcid.org/0000-0003-1306-1614)

²Republican Children's Ecological and Biological Center, Ufa, Russia,

³Bashkir State University, Ufa, Russia,

ORCID: [0000-0001-8068-8738](https://orcid.org/0000-0001-8068-8738)

Corresponding e-mail: ecology.bsu@yandex.ru

Summary: two hundred forty-two habitat points of forty-six rare species of fauna were identified in the Republic of Bashkortostan with the help of users of the inaturalist.org platform for the period from 2018 to 2020. More than 13 % of the locations of these species were not previously indicated in the Red Book of Bashkortostan (2014), other observations confirm the presence of rare animals in various regions of the Republic.

Keywords: rare species of animals, Red book, Republic of Bashkortostan, inaturalist.org

Обнаружение и описание состояния популяций организмов, занесенных в Красные книги любого ранга – одно из сложнейших и необходимейших направлений в области изучения биологического разнообразия. Зачастую слабая изученность и (или) отсутствие данных о редких видах обусловлены невозможностью полного охвата территории того или иного региона специалистами.

Платформа iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>) позволяет любому зарегистрированному пользователю относительно просто вносить данные о биологическом разнообразии. Необходимо, чтобы к наблюдению была прикреплена фотография вида (или звук), указаны дата и место встречи. Система iNaturalist может «подсказать», какой вид был запечатлен на фотографии, пользователь также может предложить идентификацию. В дальнейшем другие пользователи со всего мира верифицируют наблюдение – либо исправляют идентификацию, либо принимают ее. При достижении консенсуса система присваивает наблюдению «исследовательский статус». Ежедневно платформа iNaturalist пополняется сотнями наблюдений.

На базе платформы также возможно создание специальных проектов: объединение группы наблюдений по территории, таксономии, статусу наблюдений и т.д. В данной работе,

на примере проекта «Редкие животные Башкортостана», мы покажем эффективность использования платформы iNaturalist для обнаружения местонахождений редких видов животных из Красной книги Республики Башкортостан (Алексеев и др., 2014).

Начиная с добавления первого наблюдения вида, занесенного в Красную книгу Республики Башкортостан, в проект вошло 242 наблюдения 46 видов редких животных. Из всех этих наблюдений 91 % имеют исследовательский статус, т.е. определение до вида подтверждено сообществом. В оставшиеся, неподтвержденные наблюдения входят такие сложные для идентификации по фотографиям таксоны, как пчела-плотник обыкновенная (*Xylocopa valga* Gerstaecker, 1872) и, например, веретеница ломкая (*Anguis fragilis* Linnaeus, 1758), которую европейские исследователи определяют как колхидскую (*Anguis colchica* Nordmann, 1840).

Вклад в проект сделали 43 наблюдателя и 121 эксперт (тех, кто определял виды или подтверждал верность их идентификации).

В саму Красную книгу Республики Башкортостан (том «Животные», 2014) включены 114 видов, т.е. в проект загружено более 40 % от всех редких видов фауны. Это 19 видов птиц, 14 видов насекомых, 5 видов млекопитающих, 4 вида пресмыкающихся, 3 вида земноводных и 1 вид рыб.

Наблюдения, добавленные после издания Красной книги Республики Башкортостан 2014 года, составляют 92.2 % от всех. Среди всех 46 видов 20 имеют лишь по одной точке наблюдения в Башкортостане, остальные по две точки и более. В первую «тройку» по числу наблюдений входят обыкновенный богомол (*Mantis religiosa*; 44 точки), жук-олень (*Lucanus cervus* Linnaeus, 1758; 31 точка) и пчела-плотник обыкновенная (20 точек).

Таким образом, использование платформы iNaturalist приблизительно за полтора года, позволило выявить 33 точки обнаружения редких видов (13.6 %), ранее не указанных в Красной книге Республики Башкортостан (2014). Конечно, некоторые из этих местонахождений уже были описаны в научных публикациях, вышедших после издания Красной книги, однако многие являются новыми. Одновременно с этим каждое наблюдение редкого вида, сопровождаемое его фотографией, датой наблюдения и координатами, является ценной информацией для биомониторинга. К сожалению, платформа iNaturalist не позволяет вносить данные о численности вида (это можно сделать лишь в комментарии к наблюдению). Однако в целом эффективность выявления присутствия и обнаружения новых местонахождений редких видов довольно существенна.

Благодарности

Выражаем благодарность всем 43 пользователям платформы iNaturalist, внесшим вклад в нахождение местообитаний редких видов Башкортостана. Отдельная благодарность пользователям, обнаружившим пять и более редких видов (@zveroboy57, @rumpelstiltskin, @tany_gu, @eriksultan_svg, @igon, @brodaga59).

Литература

Алексеев В. Н., Гашек В. А., Горбунов П. Ю., Колчева Н. Е., Косарев М. Н., Ольшванг В. Н., Рудоискатель П. В., Самойлова Н. М., Смагин А. И., Снитко В. П., Тарасов В. В., Торгашов О. А., Чичкова А. С., Чичков Б. М. Красная книга Республики Башкортостан. Т. 2: Животные. Уфа: Информреклама, 2014. 244 с.

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ
О БИОРАЗНООБРАЗИИ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ
(ИПС НВС-INFO, БЕЛАРУСЬ)**

Кузьменкова С. М.¹, Носиловский О. А.²,
Завадская Л. В.¹, Зубарев А. В.¹

¹*Центральный ботанический сад НАН Беларуси,
Минск, Беларусь*

²*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
Минск, Беларусь*

**CREATION EXPERIENCE OF THE INFORMATION RETRIEVAL SYSTEM
ON A BIODIVERSITY OF VASCULAR PLANTS (HBC-INFO, BELARUS)**

Kuzmenkova S. M.¹, Nosylovsky O. A.²,
Zavadskaya L. V.³, Zubarev A. V.³

¹*Central Botanical Garden of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus,
ORCID: [0000-0002-7622-919X](https://orcid.org/0000-0002-7622-919X)*

²*United Institute of Informatics Problems of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus,
ORCID: [0000-0002-3632-4416](https://orcid.org/0000-0002-3632-4416)*

³*Central Botanical Garden of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus*

Corresponding e-mail: msk-hortus@mail.ru

Summary: the HBC-Info information retrieval system contains data on biological diversity of vascular plants of Belarus.

Keywords: biodiversity, vascular plants, HBC-Info, Central Botanical Garden, Belarus

Информационно-поисковая система HBC-Info создана для того, чтобы, согласно Международной конвенции о биоразнообразии (1992), повышать осведомленность общественности и способствовать просвещению и образованию самых широких слоев населения. Система выставлена в сеть Интернет в 2000 году, в ней представлены оригинальные и компилированные из публикаций на бумаге данные о биологическом разнообразии сосудистых растений Беларуси, которые получили в своих исследованиях и наблюдениях ученые нашей страны. Около 1.9 миллиона страниц просмотрено за время существования проекта.

В состав информационных источников поисковой системы HBC-Info входят:

- фактографические базы данных «Названия сосудистых растений», «Описания видов и внутривидовых таксонов» (3.5 тысячи, TXT), «Диагностические признаки таксонов», «Метаданные библиографических источников» (~ 3 тысячи строк в таблице БД), «Персоналии» (500 фамилий авторов публикаций и белорусских ботаников);
- документальные базы данных «Изображения растений» (около 15 тысяч оригинальных изображений 6.5 тысяч видов и внутривидовых таксонов; JPG), «Полнотекстовые публикации» (1 500 файлов; TXT, PDF, DjVu).

Сочетания данных из этих баз используются на разных страницах информационно-поисковой системы, реализованной как набор Web-приложений.

В результате выполнения и обработки информационных запросов (SQL, PHP) пользователям предоставляется следующая информация:

- список видов природной флоры (~ 1 600 названий), в том числе выборки на основе систематических признаков, по жизненной форме, биоэкологическим и другим признакам. В описания таксонов из этих списков входят изображения (1 или 2; 300, 600 dpi), перечень публикаций, посвященных исследованиям выбранного таксона, его рода и семейства;

- список таксонов культурной флоры (~ 12 тысяч видов, подвидов, форм и сортов), в том числе выборки на основе систематических признаков, по жизненной форме, биоэкологическим и другим признакам. В описания таксонов из этих списков подставляются изображения (1 или 2; 300, 600 dpi), перечень публикаций, посвященных исследованиям выбранного таксона, его рода и семейства (сайт «Растения Беларуси»: <http://hbc.bas-net.by/plantae/>);

- набор изображений выбранного семейства, рода, вида и/или внутривидового таксона, от этого набора можно перейти к описаниям растений (сайт «Iconographia Plantarum»: <http://hbc.bas-net.by/plantae/iconographia.php>).

Поисковая система автоматически генерирует библиографию природной и культурной флоры Беларуси и представляет доступ к полным текстам публикаций;

- отбор полнотекстовых публикаций возможен по традиционным атрибутам библиографической записи (авторам, годам издания, названиям сборников и др.), а также по латинским названиям классов, семейств и родов. Поисковая система генерирует список авторов (белорусские ботаники), список семейств и родов, публикации о которых доступны, группирует публикации по учреждениям (сайт Bibliotheca Botanica: <http://hbc.bas-net.by/hbcinfo/biblio.php>).

Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ЦБС) на отдельных страницах показывает список таксонов коллекций живых растений (1 200 видов и сортов) и гербария (6.5 тысяч названий), которым в Республике Беларусь присвоен статус *национального достояния* (<http://hbc.bas-net.by/hbcinfo/gfd.php>).

Благодарности

Информационно-поисковая система НВС-Info создана по заказу и при финансовой поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Белорусского фонда фундаментальных исследований и в рамках научно-исследовательских работ Гербария Центрального ботанического сада НАН Беларуси (2000–2020 гг.).

Авторы выражают свою признательность коллегам, которые позволили использовать свои данные в сети Интернет.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ МУЛЬТИМЕДИА-ПРОЕКТ
«РАСТЕНИЯ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ»**

Кузьмин И. В.

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

**ELECTRONIC MULTIMEDIA PROJECT
“PLANTS OF THE TYUMEN REGION”**

Kuzmin I. V.

*Tyumen State University, Tyumen, Russia,
ORCID: [0000-0002-6824-4015](https://orcid.org/0000-0002-6824-4015)*

Corresponding e-mail: ivkuzmintgu@yandex.ru

Summary: multimedia databases were created for training non-specialists in the field of regional botany. This is “Plants of the Tyumen region: Electronic herbarium”, which includes six parts; “Plants of the surroundings of the Kuchak system of lakes” and several others.

Keywords: multimedia databases, flora, Tyumen region

Большое видовое разнообразие растений и грибов (включая лишайники) на территории Тюменской области, многие группы которых изучены крайне слабо, становится проблемой при привлечении волонтеров к сбору и анализу ботанической информации. Учитывая значение растений и грибов в природе и жизни человека, очень актуальна проблема доступности научных данных для обычных людей. Выпускаемые в печатном виде «Определители» быстро становятся библиографической редкостью, распространение многих из них в электронном виде существенно ограничено законами об авторских правах. Вследствие этого идентификация даже широко распространенных видов зачастую вызывает затруднения, а для сложных таксонов иногда вообще невозможна без привлечения узких профильных специалистов-систематиков.

При работе по Гранту Губернатора Тюменской области к 60-летию Тюменской области «Инвентаризация и электронная каталогизация биоразнообразия Тюменской области с использованием мультимедиа-технологий» еще в 2004 г. авторами (Толстиков и др., 2005а) была принята концепция создания программных продуктов, максимально облегчающих верификацию таксонов, в том числе и лицами, не имеющими специального образования, но сталкивающимися в своей практической деятельности с необходимостью определения таксономической принадлежности организмов (юные натуралисты, взрослые любители природы, работники АПК и т.п.). Первостепенное значение придавалось наглядности и доступности информации, возможности ее широкого распространения.

Для этих целей была разработана универсальная «Электронная коллекция», включающая базу данных и программную оболочку управления этой базой данных, которая позволяет как работать в ней автономно на персональном компьютере, так и размещать на сайте в сети Интернет. Распространение сделанных таким образом программных продуктов возможно и на физических носителях информации (ранее компакт-диски, в наше время USB-флеш-накопители), и дистанционно с размещением на сайтах. Этим они выгодно отличаются от

традиционных бумажных носителей. Учитывая современное состояние научных исследований по флоре и уровень интереса ботаников-непрофессионалов к различным группам растений, была разработана концепция структуры представления данных о растениях аборигенной и культурной флоры Тюменской области.

Основной по значимости является серия программных продуктов из шести отдельных выпусков (изначально – на компакт-дисках). Каждый из них является самостоятельным автономным продуктом, содержащим данные о представителях какого-либо крупного таксона растительного мира (включая грибы, лишайники). В то же время, будучи единообразно построены, все вместе они дают наглядное представление о флоре Тюменской области. «Растения Тюменской области: Электронный гербарий»: Вып. 1 «Водоросли. Грибы. Лишайники» (50 таксонов водорослей, 25 таксонов шляпочных грибов, 45 таксонов лишайников); Вып. 2 «Моховидные» (100 таксонов печеночных и бриевых мхов); Вып. 3 «Плауновидные. Хвощевидные. Папоротниковидные. Голосеменные» (35 т.); Вып. 4 «Цветковые: Двудольные» (500 т.); Вып. 5 «Цветковые: Однодольные» (150 т.); Вып. 6 «Культурные растения» (110 т.). Подобная компоновка отражает традиционное классическое расположение крупных таксонов растительного мира. Первые пять выпусков посвящены основным представителям дикой флоры Тюменской области, включая аборигенные и давно натурализовавшиеся виды. Шестой выпуск посвящен культурным растениям, в т.ч. и тем, которые часто уходят из культуры. Все выпуски в первичном варианте включают 1 015 таксонов (видов, подвидов, разновидностей, форм и сортов) растений.

Растительный покров региона на ограничивается только списком его видов. В природе растения разных видов взаимодействуют и подвергаются влиянию разнообразных условий окружающей среды, в т.ч. климатических условий конкретной местности, ландшафтных особенностей, зависят от истории развития региона. Флора любой местности индивидуальна, но в то же время несет и общие черты, характерные для всего региона в целом. Поэтому логическим продолжением серии является выпуск «Растения окрестностей Кучакской системы озер», посвященный локальной флоре подзоны мелколиственных сосново-осиново-березовых лесов Тюменской области. Это база данных о растениях окрестностей биостанции ТюмГУ, дополненная иллюстрациями: изображениями гербарных образцов и фотографиями биотопов и растений в естественной среде обитания.

Обыватели постоянно сталкиваются не только с видами местной флоры или культивируемыми в открытом грунте, но и с комнатными растениями. На основе коллекции живых экзотических растений Фондовой оранжереи ТюмГУ создан программный продукт «Тропические и субтропические растения: Электронный атлас». Атлас включает 300 фотографий таксонов тропических и субтропических растений, расположенных в нескольких субдиректориях, отражающих положение в системе конкретного комнатного растения. Такая структура представляется оптимальной для успешного определения растений непрофессионалами. Быстрый просмотр изображений позволяет легко узнать имеющееся растение, а приводимое тут же название поможет найти всю информацию о данном виде.

Использование этой же технологии апробировано на других базах данных. Электронная коллекция насекомых «Жуки Тюменской области: Жужелицы, листоеды» охватывает два наиболее значимых семейства жесткокрылых (18 видов листоедов и 68 видов жужелиц), имеющих существенное экономическое значение. Описание систематического положения, морфологических признаков, ареала обитания, экологии и биологии каждого вида сопровождается фотографией образца из коллекции Зоологического музея ТюмГУ (Толстиков и др., 2005б). В «Глоссарии фитонимов 1.0» в краткой, сконцентрированной форме собраны

сведения об этимологии названий 285 видов растений флоры Англии и Тюменской области, включая 370 цветных и монохромных изображений растений (относящихся к различным эпохам), справочные сведения ботанического характера и примеры произношения латинских и английских названий, озвученные носителями и специалистами по данным языкам (Сивакова, 2004). В проекте «Изучение и сохранение биоразнообразия как продолжение дела Г.-В. Стеллера» рассказано о путешествии участника Великой Северной экспедиции (Толстиков и др., 2005в).

Программная оболочка управления базой данных создана на основе технологии Macromedia Flash, что позволяет СУБД оперировать цифровыми изображениями и текстовыми данными, иметь механизм генерации запросов и поисковый механизм. Поиск нужного образца осуществляется по ключевым словам по одному или нескольким таксонам, возможен поиск по иерархическому дереву. Система позволяет принимать участие в формировании электронной коллекции сразу нескольким пользователям. Благодаря этому, кураторы отдельных таксонов могут вносить и редактировать данные. Программа автономна и не требует инсталляции. Текстовая информация представлена в виде отдельных фрагментов гипертекста, поэтому содержание списка видов можно легко редактировать и дополнять. Изображения (с возможностью функции zoom-увеличения) представлены в формате JPEG для облегчения загрузки. Принцип работы с базой данных заключается в чтении заголовочных единиц базы. Заголовочной единицей является строка, содержащая идентификационный номер, латинское и русское названия одного вида растений. Из построенного списка видов строится заголовочный модуль, представленный в виде таблицы из нужного числа столбцов соответственно, и количеством строк, равным числу видов растений в базе. Каждая строка является интерактивной ссылкой на словарную статью, содержащую информацию о конкретном виде растения. При переходе по ссылке к тексту статьи, в модуль отображения графической информации загружается файл с изображением данного вида растения. Звуковая информация загружается в модуль оперирования аудиофайлами с возможностью выбора языков. Все графические элементы интерфейса программы оригинальны и выполнены посредством векторной и растровой графики. Для работы использовали такие технологии и программы, как Macromedia Flash, Dreamweaver, Adobe Photoshop, Pinnacle Studio. Язык программирования action-script 2.0. Интерфейс программного приложения построен максимально удобно для обычных пользователей и специалистов, не имеет лишних «окон» и «модулей», что обеспечивает наивысшую продуктивность работы. Данный программный продукт был протестирован на платформах Windows 98, Me, 2000, XP, Vista, 7, 8, 10. Преимуществами такого устройства базы данных является легкость его изменения, дополнения и пополнения. К 2020 г. подготовлено дополнение, позволяющее включить в базу данных все известные в регионе виды сосудистых растений и существенно увеличившиеся списки водорослей и грибов (в т.ч. лишайников). После этого запланирован перевод на английский язык и размещение на сайте ТюмГУ.

Литература

- Сивакова Н. А. Лексикографическое описание английских и русских фитонимов в электронном глоссарии. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень: ТюмГУ, 2004. 27 с.
- Толстиков А. В., Елифанов А. В., Кузьмин И. В., Драчёв Н. С. Электронные технологии в образовательном процессе на биологическом факультете ТюмГУ // Модернизация образования в условиях глобализации: сборник материалов Международной научной конференции. Ч. 2. Тюмень: ТюмГУ, 2005а. С. 56–58.
- Толстиков А. В., Ломакин Д. Е., Драчёв Н. С., Кузьмин И. В. «Электронная коллекция насекомых» на примере собрания жужелиц Зоологического музея ТюмГУ // Экологическое разнообразие почвенной биоты и

биопродуктивность почв: материалы докладов IV (XIV) Всероссийского совещания по почвенной зоологии с участием зарубежных ученых. Отв. ред. Б. Р. Стриганова. Тюмень: ТюмГУ; ТГСХА, 2005б. С. 262–263.

Толстиков А. В., Петухова Г. А., Драчёв Н. С., Кузьмин И. В., Сивакова Н. А. Мультимедиа-проект «Изучение и сохранение биоразнообразия как продолжение дела Г. В. Стеллера» // Aus Sibirien – 2005: материалы II Международной научно-практической конференции «Стеллеровские чтения». Тюмень: ТюмГУ, 2005в. С. 13–14.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ:
СОХРАНЕНИЕ, РЕКОНСТРУКЦИЯ
И СОЗДАНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

Кулагин А. Ю.¹, Тагирова О. В.²

¹Уфимский Институт биологии РАН, Уфа, Россия

²Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы,
Уфа, Россия

**ENVIRONMENTAL ASPECTS OF URBAN DEVELOPMENT:
CONSERVATION, RECONSTRUCTION AND CREATION
OF FOREST PLANTATIONS**

Kulagin A. Yu.¹, Tagirova O. V.²

¹Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²Bashkir state pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia

Corresponding e-mail: coolagin@list.ru

Summary: optimization of the environmental situation in modern cities is associated with the expansion of sanitary protection and green zones of the city at the expense of adjacent territories. The characteristic of forest stands growing on the territory of the Ufa industrial center is presented.

Keywords: forest plantations, industrial centers, sanitary protection zone

Лесные насаждения промышленных центров подвержены значительным техногенным и рекреационным нагрузкам, что приводит к снижению продолжительности жизни отдельных деревьев и насаждений, устойчивости к антропогенным и природным воздействиям, биосферных и санитарно-гигиенических функций (Кулагин, 1985; Илькун, 1978; Николаевский, 1979, 2002; Тарабрин и др., 1986; Зайцев, Кулагин, 2006; Бухарина и др., 2007; и др.). Следует отметить, что эколого-биологическая характеристика состояния лесных насаждений, оценка устойчивости лесообразующих видов древесных пород лежат в основе экологически корректных решений по вопросам реконструкции существующих и создания новых лесных насаждений (Кулагин, Тагирова, 2015).

В настоящее время лесные насаждения и посадки древесно-кустарниковых растений следует рассматривать как биологический ресурс ландшафтно-природного комплекса современного города, который на протяжении многих десятилетий выполняет биосферные функции по поддержанию биологического разнообразия, стабилизации экологической обстановки и повышению рекреационной привлекательности территории.

Границы территории современных городов постоянно пересматриваются, и пригородные леса зеленой зоны со временем становятся городскими лесными массивами, которые существуют в непосредственной близости с промышленными предприятиями и селитебными зонами. Вопросы реконструкции таких насаждений связаны с оптимизацией городской среды и расширением рекреационных территорий в городе.

В г. Уфе на 1 человека приходится 201.4 м^2 в сумме пригородных и городских зеленых насаждений. Учитывая данные Всемирной организации здравоохранения, на одного горожанина должно приходиться 50 м^2 городских насаждений и 300 м^2 пригородных. При этом озелененная территория г. Уфы составляет всего 30 % от общей площади города, и, следовательно, на 1 человека приходится намного меньше зеленых насаждений, чем это предусмотрено нормативами.

Установлено, что наименее устойчивыми древесными породами в условиях нефтехимического загрязнения являются дуб черешчатый, сосна обыкновенная. Наиболее устойчивыми древесными породами в условиях нефтехимического загрязнения являются: береза повислая, тополь бальзамический, липа мелколистная, ель сибирская, лиственница Сукачева. Данные породы можно использовать и при создании защитных лесопосадок вдоль автомагистралей. Исследуемые породы являются также наиболее газоустойчивыми.

Более 50 % лесных насаждений г. Уфы относятся к категориям приспевающих, спелых и перестойных. При реконструкции древесных насаждений важно учитывать и скорость роста древесной породы. Наибольшей скоростью роста обладает тополь бальзамический, что необходимо учитывать при озеленении новостроек и территорий, где выполняются плановые рубки древесных пород.

Санитарно-защитные лесные насаждения преимущественно расположены в пригородной зоне г. Уфы. В черте города сосредоточены незначительные по площади лесные массивы, выполняющие буферные функции между промышленными предприятиями и жилыми кварталами. Следует отметить, что на территории г. Уфы находятся и водораздельные леса, площади которых с каждым годом всё уменьшаются вследствие строительства жилья, производственных объектов, реконструкции транспортных магистралей и других мероприятий.

Внутригородские леса широко используются в рекреационных целях. Однако совокупная площадь этих лесов по отношению к количеству проживающих в г. Уфе людей не соответствует установленным нормативам. Кроме того, по привлекательности отдельные лесные территории значительно различаются, и в результате формируется повышенная рекреационная нагрузка на отдельные лесные массивы. Вследствие этого отдельные лесные насаждения просто не выдерживают запредельно высоких рекреационных нагрузок и усыхают.

Анализ сложившейся ситуации свидетельствует о том, что при посадках древесных насаждений на территории г. Уфы следует учитывать характеристики устойчивости древесных пород в условиях рекреационной нагрузки и нефтехимического загрязнения.

Для улучшения экологической обстановки в городе необходимо расширение санитарно-защитной зоны г. Уфы за счет прилегающих территорий. Необходимо расширить территории и внутриквартальных насаждений, а также насаждений вокруг промышленных предприятий, образуя буферные зоны внутри города. При посадке древесно-кустарниковой растительности необходимо также учитывать и основные особенности данной территории (промышленная зона или зона с повышенной рекреационной нагрузкой).

Неравномерность распространения лесных насаждений по территории отдельных районов и значительные различия между административными районами обуславливают необходимость дифференцированного подхода к обоснованию и проведению природоохранных мероприятий. Для административных районов г. Уфы разработаны цифровые картосхемы лесных насаждений с указанием их жизненного состояния и расположения промышленных предприятий. Это составляет основу для мониторинга состояния лесных насаждений г. Уфы. Анализ пространственного расположения лесных насаждений позволяет отметить, что санитарно-защитные насаждения расположены в основном вокруг г. Уфы. Внутри города

лесные насаждения произрастают в буферных зонах вблизи промышленных предприятий и между жилыми кварталами.

Естественные лесные массивы и искусственные насаждения древесных растений представляют биологические ресурсы, биосферные и социальные функции которых составляют неразрывное целое. Следует отметить, что лесные насаждения эффективно функционируют на протяжении десятков лет и определяют степень комфортности жизни людей в современном городе.

В основе принятия экологически корректных структурно-функциональных решений и организации практических мероприятий стоит оценка социо-эколого-экономической ситуации конкретного города с учетом региональной специфики (Розенберг и др., 1992).

Методологической и методической основой таких разработок выступает сравнительный анализ состояния лесных древесных насаждений с использованием комплекса традиционных и апробированных методов, что не только обеспечивает корректность выводов, но и позволяет обосновать мероприятия по реконструкции лесных насаждений.

Для сохранения и усиления биосферных и эстетических функций лесных массивов, входящих в городскую территорию, необходимо осуществлять ряд мероприятий:

1. Выполнить зонирование территории с учетом генеральной схемы развития города. При этом необходимо провести обсуждение данного вопроса с жителями прилегающего района и города в целом для обеспечения оптимальной инфраструктуры и дальнейшего эффективного использования территории;

2. В лесных насаждениях провести санитарную рубку с ликвидацией сухих и отмирающих деревьев. К категории отмирающих отнесены суховершинные и сильно наклоненные (представляющие угрозу для отдыхающих и не имеющие потенциала для дальнейшего роста) деревья. Игнорирование данной рекомендации по санитарной рубке деревьев приведет к тотальному распространению болезней и вредителей на территории лесного массива и, как следствие, к необходимости его полной ликвидации;

3. После зонирования территории и выполнения первостепенных работ необходимо произвести компенсационные посадки древесных растений крупномерным посадочным материалом. Реконструкцию городских и внутриквартальных насаждений необходимо проводить с использованием устойчивых и продуктивных видов древесных растений.

Литература

- Бухарина И. Л., Поварничина Т. М., Ведерников К. Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. 216 с.
- Зайцев Г. А., Кулагин А. Ю. Сосна обыкновенная и нефтехимическое загрязнение: дендрэкологическая характеристика, адаптивный потенциал и использование. М.: Наука, 2006. 124 с.
- Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова думка, 1978. 246 с.
- Кулагин А. Ю., Тагирова О. В. Лесные насаждения Уфимского промышленного центра: современное состояние в условиях антропогенных воздействий. Уфа: Гилем; Башк. энцикл., 2015. 196 с.
- Кулагин Ю. З. Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. М.: Наука, 1985. 117 с.
- Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.
- Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. 220 с.
- Розенберг Г. С., Краснощекоев Г. Л., Крылов Ю. М., Шукин В. П. Экологическое обоснование развития урбанизированной территории (на примере г. Тольятти) // Экологические основы оптимизации урбанизированной и рекреационной среды. Тольятти, 1992. Ч. 1. С. 16–19.
- Тарабрин В. П., Кондратьев Е. Н., Башкатов В. Г., Гнатенко А. А., Коршиков И. И., Чернышова Л. В., Шацкая Р. М. Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей. Киев: Наукова думка, 1986. 216 с.

**ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
НА ЮГО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

Курской А. Ю., Зеленкова В. Н.,
Дунаев А. В., Коротких А. С., Дунаева Е. Н.

*Ботанический сад Белгородского государственного
национального исследовательского университета,
Белгород, Россия*

**INVASIVE SPECIES OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES
IN THE SOUTH-WEST OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND**

Kurskoy A. Yu.¹, Zelenkova V. N.²,
Dunaev A. V.³, Korotkih A. S.⁴, Dunaeva E. N.⁵

¹*Botanical garden Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia
ORCID: [0000-0002-8400-0694](https://orcid.org/0000-0002-8400-0694)*

²*Botanical garden Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia
ORCID: [0000-0002-5191-7359](https://orcid.org/0000-0002-5191-7359)*

³*Botanical garden Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia
ORCID: [0000-0002-9058-7778](https://orcid.org/0000-0002-9058-7778)*

⁴*Botanical garden Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia
ORCID: [0000-0002-2483-6334](https://orcid.org/0000-0002-2483-6334)*

⁵*Botanical garden Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia
ORCID: [0000-0001-9568-6065](https://orcid.org/0000-0001-9568-6065)*

Corresponding e-mail: kurskoy@bsu.edu.ru

Summary: invasive species of 9 studied steppe ecotopes within the state nature reserves (SNR) region are represented by 16 species. Most life forms according to K. Raunkier (1905) are represented by phanerophytes (87.5 %). By geographical origin, North American and European species predominate, with a share of 31.3 % each.

Keywords: invasive species, biodiversity, South-West of the Central Russian upland

Чужеродные виды могут наносить значительный экономический ущерб и даже представлять опасность для здоровья людей (Виноградова и др., 2010; Виноградова и др., 2011). Влияние чужеродных организмов на флору, фауну и в целом на общество приобретает глобальное значение, поскольку в настоящее время проблемы, связанные с их распространением в мире, могут быть решены лишь на международном уровне (Тохтарь, Курской, 2019).

Целью исследований являлось выявление состава и участия в составе инвазионных видов в степных экотопах государственных природных заказников (ГПЗ) на юго-западе Среднерусской возвышенности (в пределах административных границ Белгородской области).

Список особо охраняемых природных территорий изучался согласно Постановлению Правительства Белгородской области № 299-пп от 15 августа 2016 г. «Об утверждении перечней

особо охраняемых природных территорий регионального значения Белгородской области». Все ГПЗ региона обследовались маршрутным методом. Было обследовано 9 степных участков в 5 административных районах Белгородской области.

Из 31 инвазионного вида, отмеченного в государственных природных заказниках региона на 9 изученных степных участках (условно обозначены S1-S9), – было отмечено 16 видов. Обозначения степных участков: S1 – с. Графовка, Шебекинский городской округ, S2 – г. Короча, Корочанский р-н, S3 – с. Беломестное, Новооскольский городской округ, S4 – хут. Евдокимов, Волоконовский р-н, S5 – с. Нижние Лубянки, Волоконовский р-н, S6 – с. Козьмодемьяновка, Шебекинский городской округ, S7 – с. Шахово, Прохоровский р-н, S8 – с. Зиборовка, Шебекинский городской округ, S9 – с. Шамино, Шебекинский городской округ.

Встречаемость следующая: *Malus domestica* Borkh. отмечена в 88.9 % степных экотопов ГПЗ региона, *Acer negundo* L. – в 66.7 %, *Elaeagnus angustifolia* L., *Prunus domestica* L., *Robinia pseudoacacia* L. (по 44.4 %), *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Lonicera tatarica* L. (по 33.3 %), *Cerasus vulgaris* Mill., *Erigeron annuus* (L.) Pers. s. 1., *Padus mahaleb* (L.) Borkh. (по 22.2 %), *Armeniaca vulgaris* Lam., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl, *Parthenocissus inserta* (A. Kern.) Fritsch, *Prunus cerasifera* Ehrh., *Sambucus racemosa* L., *Ulmus pumila* L. (по 11.1 %).

Большая часть инвазионных видов в отмеченных экотопах представлена единичными популяциями. Однако исключение составляют экотопы, в которых популяции насчитывают более 10 экз.: *Acer negundo* (S4), *Arrhenatherum elatius* (S2), *Cerasus vulgaris* (S1), а также экотопы, в которых образуются моновидовые заросли: *Parthenocissus inserta* (S5) на площади 10 × 4 м, *Prunus domestica* (S1) – (4 м × 3 м), *Robinia pseudoacacia* на площади от 2 × 2 м в экотопе (S4) до 3 × 2 м в экотопе (S1).

Большинство видов, согласно жизненным формам по К. Раункиеру (1934), представлено фанерофитами, доля которых составляет 87.5 %.

По географическому происхождению инвазионные виды представлены североамериканскими и европейскими видами, доля которых составляет по 31.3 % каждый.

Наиболее инвазибельным среди изученных степных участков в составе ГПЗ региона является участок S9, в котором было отмечено 10 видов: *Acer negundo*, *Elaeagnus angustifolia*, *Erigeron annuus*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Lonicera tatarica*, *Malus domestica*, *Padus mahaleb*, *Prunus domestica*, *Robinia pseudoacacia*, *Ulmus pumila*.

Наиболее устойчивыми к внедрению инвазионных видов являются экотопы S4, S6, S8, в которых было отмечено по 2 вида: *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia* в экотопе S4, *Armeniaca vulgaris*, *Malus domestica* (S6), *Acer negundo*, *Malus domestica* (S8).

Литература

- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Нотов А. А. Черная книга флоры Тверской области: чужеродные виды растений в экосистемах Тверского региона. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 292 с.
- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
- Постановление Правительства Белгородской области № 299-пп от 15 августа 2016 г. «Об утверждении перечней особо охраняемых природных территорий регионального значения Белгородской области».
- Тохтарь В. К., Курской А. Ю. Инвазионные растения юго-запада Среднерусской возвышенности: монография. Белгород: Изд-во «Белгород» НИУ «БелГУ», 2019. 120 с.
- Raunkier C. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО АРЕАЛА *PATRINIA SIBIRICA* (L.) JUSS. НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Кутуева А. Г., Федоров Н. И., Мулдашев А. А., Галеева А. Х.

Уфимский Институт биологии РАН, Уфа, Россия

ABOUT POTENTIAL AREA OF *PATRINIA SIBIRICA* (L.) JUSS. IN THE SOUTH URAL

Kutueva A. G.¹, Fedorov N. I.², Muldashev A. A.³, Galeeva A. H.⁴

¹*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
ORCID: 0000-0001-5104-188X*

²*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
ORCID: 0000-0002-0167-7449*

³*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
ORCID: 0000-0002-0619-4171*

⁴*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
ORCID: 0000-0003-4249-7863*

Corresponding e-mail: aliacutueva@mail.ru

Summary: a model of the potential range of the *Patrinia sibirica* (L.) Juss. species in the South Urals was constructed using the maximum entropy method. The model matches well in accordance with the literature data on the distribution of this species.

Keywords: *Patrinia sibirica* (L.) Juss., MaxEnt, CHELSA, Pleistocene relic, distribution of species

Введение

Патриния сибирская (*Patrinia sibirica* (L.) Juss.) – северо- и центрально-азиатский горно-лесостепной травянистый вид, распространенный в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии, Джунгарии, Монголии. На Южном и Среднем Урале он является реликтом плейстоценового комплекса (Горчаковский, Шурова, 1982), включен в Красные книги Челябинской области (2017) и Республики Башкортостан (РБ) (2011). В Красной книге РБ этот вид имеет природоохранный статус «редкий вид с естественной малой численностью, встречающийся на ограниченной территории». *P. sibirica* произрастает на каменистых, хорошо инсолируемых склонах гор, плакорных местообитаниях вершин хребтов, а также в сообществах каменистых степей (Горчаковский, 1975).

Цель работы – анализ потенциального ареала вида *P. sibirica* на Южном Урале (ЮУ) и сопредельных территориях.

Материалы и методы

В качестве исходного материала использованы координаты геопривязанных местообитаний *P. sibirica*, в том числе 32 – на территории Южного Урала и 30 – на территории Западной и Восточной Сибири (взятых из базы данных Глобального информационного фонда о биоразнообразии (GBIF, www.gbif.org)), этикеток гербарных образцов этого вида из цифрового Гербария МГУ (plant.depo.msu.ru) и данных литературы (Каримова и др., 2016; Телятников, 2014; Зибзеев, Недовесова, 2014 и др.).

Моделирование потенциального ареала вида было проведено в программе MaxEnt (Phillips, 2017). При моделировании в качестве климатических предикторов использован набор переменных среды BIOCLIM базы данных CHELSA (Karger et al., 2017) и цифровая модель рельефа SRTM с разрешением 30" (www.usgs.gov). Для статистической оценки модели использован показатель AUC, достоверность оценки вклада предикторов в построение модели оценивали по тестам «важность при пермутации» (permutation importance (Mean Decrease Accuracy)) и «jackknife» (Phillips, 2017). Значения пригодности условий местообитания на созданной в MaxEnt карте-модели от 0.90 до 1.00 рассматривались как очень высокие, от 0.75 до 0.89 – как относительно очень высокие, от 0.50 до 0.74 – как средние, ниже 0.50 – как низкие.

Результаты и их обсуждение

Результирующая модель распространения вида *P. sibirica* имеет показатели AUC для обучающей выборки (AUC-training) 0.995, а для тестирующей (AUC-test) – 0.973, что соответствует высокому уровню качества модели (Swets, 1988). При оценке относительного вклада переменных среды в модель MaxEnt было выявлено, что наибольшее влияние имеют 4 переменные: сезонность температуры, изотермальность (отношение среднесуточной амплитуды к годовой амплитуде температур), максимальная высота над уровнем моря и количество осадков в наиболее теплый квартал, которые в модели в совокупности определяют 71.4 % влияния на распределение вида *P. sibirica*.

Тест важности переменных среды по «jackknife», основанный на последовательном отключении переменных и создании моделей с остальными предикторами, показал, что при построении модели наибольшее значение имеют две переменные – сезонность и изотермальность температуры, а максимальная высота над уровнем моря по тесту «jackknife» имеет относительно небольшое индивидуальное влияние, несмотря на значительный вклад в построении модели при использовании всех предикторов.

Согласно построенной модели, в РБ наибольшие площади пригодных для произрастания этого вида местообитаний сосредоточены по вершинам и верхним частям склонов крупных хребтов Южного Урала (горный массив Ирмель, хребет Машак и др.). На юге центральной части ЮУ эти местообитания ограничены хребтом Шатак, по восточному макросклону ЮУ они более узкой полосой тянутся на 35–40 км южнее, а по отрогу южноуральских гор – хребту Ирндык заходят в Зауралье, в степную зону. Выявленные локалитеты *P. sibirica* в горно-лесной зоне приурочены к каменистым осыпям на границе или выше распространения леса. Наиболее крупные по площади локалитеты этого вида сосредоточены в возвышенной части ЮУ, а также на более низком хребте Ирндык и его отрогах (гора Шартымка) на границе РБ и Челябинской области. В южных частях восточного макросклона ЮУ и хребта Ирндык, несмотря на высокую пригодность условий местообитания, вид *P. sibirica* не обнаружен. Вероятно, это связано с тем, что в период самого теплого и мягкого климата (в голоцене, около 5–6 тыс. лет назад) (Хотинский и др., 1982) значительная часть этих местообитаний могла быть занята иной (прежде всего древесной) растительностью с высоким уровнем конкуренции, вызвавшей

выпадение этого вида. На севере массовое распространение участков территорий с пригодными условиями местообитания заканчивается на северной границе национального парка «Таганай». В Предуралье пригодных условий для произрастания этого вида нет. На западном макросклоне ЮУ есть единичные очень узкие участки с высокой пригодностью условий для произрастания этого вида на хребте Алатау. В Зауралье *P. sibirica* встречается в лесостепной зоне на вершинах небольших гор, на выходах гранитовых и кварцитовых скальных пород среди петрофитных и кустарниковых степей в восточных предгорьях ЮУ. В этих местообитаниях локалитеты вида занимают обычно небольшую площадь, и условия произрастания оцениваются моделью в диапазоне 0.75–0.85. Исключение составляют два локалитета, один из которых имеет низкую пригодность условий произрастания (0.49), что связано с тем, что это местообитание представляет собой узкую десятиметровую полосу щебнистых почв протяженностью около 50 м среди петрофитной степи, которую, собственно, и характеризует пиксель пригодности условий местообитания. Второй локалитет представляет собой гребень горы на правом берегу реки Шартымка шириной около 40 м и длиной около 800 м и имеет среднюю пригодность условий местообитания (0.61).

Заключение

Таким образом, построенная модель достаточно четко характеризует условия местообитания и потенциальный ареал *P. sibirica*. Потенциальный ареал вида несколько шире, чем область его известных местонахождений, что связано с его возможным исчезновением в этих местообитаниях в максимально благоприятный для растительности период в голоцене и в некоторых случаях с высокой антропогенной нагрузкой (выпасом скота и добычей щебня карьерным способом).

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190060-6 и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90028.

Литература

- Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975.
- Горчаковский П. Л., Шурова Е. А. Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья. М.: Наука, 1982. 208 с.
- Зибзеев Е. Г. Недовесова Т. А. Синтаксоны дриадовых тундр горной системы Западного Саяна // *Turczaninowia*. 2014. № 3.
- Каримова О. А., Мустафина А. Н., Голованов Я. М., Абрамова Л. М. Возрастной состав ценопопуляций *Patrinia sibirica* (Valerianaceae) на Южном Урале // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52. Вып. 1. С. 49–65.
- Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1: Растения и грибы. Под ред. д-ра биол. наук, проф. Б.М. Миркина. 2-е изд., доп. и перераб. Уфа: МедиаПринт, 2011. 384 с.
- Красная книга Челябинской области: Животные, растения, грибы. Отв. ред. Лагунов А. В. 2-е изд. М.: Реарт, 2017. 504 с.
- Серегин А. П. (ред.). Коллекция «Гербарий МГУ» // Депозитарий живых систем «Ноев Ковчег» (направление «Растения»). М.: МГУ, 2020. URL: <https://plant.depo.msu.ru/module/collectionpublic?d=P&openparams=%5Bopen-id%3D1524305%5D> (дата обращения: 05.01.2020).
- Телятников М. Ю. Синтаксономия дриадовых тундр и кобрезиевых криофитных лугов Восточного Саяна // Растительный мир Азиатской России. 2014. Т. 1. № 13. С. 48.
- Хотинский Н. А., Немкова В. К., Сухова Т. Г. Главные этапы развития растительности и климата Урала в голоцене // Вопросы археологии Урала. Вып. 16. 1982. С. 145–153.
- Цифровая модель рельефа. URL: https://topotools.cr.usgs.gov/gmted_viewer/viewer.htm (дата обращения: 30.09.2019).
- GBIF.org (08 April 2019) GBIF Occurrence Download. DOI: [10.15468/dl.fswlyt](https://doi.org/10.15468/dl.fswlyt)

- Karger D. N., Conrad O., Böhner J. et al. Climatologies at high resolution for the Earth's land surface areas. // Scientific Data. 2017. V. 4. 170122. URL: <http://chelsa-climate.org/> (дата обращения: 18.05.2019).
- Phillips S. J. A Brief Tutorial on MaxEnt. 2017. URL: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ (дата обращения: 28.05.2019).
- Swets J. A. Measuring the accuracy of diagnostic systems // Science. 1988. V. 240. P. 1285–1293.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ УЧЕТА И МОНИТОРИНГА МАКРОМИЦЕТОВ, НУЖДАЮЩИХСЯ В ОХРАНЕ

Лазарева О. Л.

*Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского,
Ярославль, Россия*

THE USE OF THE ELECTRONIC DATABASE FOR ACCOUNTING AND MONITORING OF MACROMYCETES NEEDING PROTECTION

Lazareva O. L.

*Yaroslavl State Pedagogical University, Yaroslavl, Russia,
ORCID: [0000-0002-9671-3616](https://orcid.org/0000-0002-9671-3616)*

Corresponding e-mail: ollazar71@mail.ru

Summary: the article describes the experience of creating an electronic database of macromycetes. It was made in the Microsoft Access 2013 program. The database is used to systematize and summarize information about fungi that need protection (rare, vulnerable, etc.) on the territory of the Pleshcheevo Lake national park.

Keywords: electronic database, macromycetes, mycobiota, rare fungi, national park

Одним из основных направлений государственной политики в сфере сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов является обеспечение учета, мониторинга и создание кадастра этих организмов, а также развитие системы информационно-аналитического обеспечения их охраны. Для его реализации необходимы: разработка научно-методических основ инвентаризации, мониторинга состояния ключевых местообитаний редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов, системы сбора, обработки и анализа данных, создание федеральной базы данных (БД) и информационной системы, а также информационно-аналитической системы по редким и находящимся под угрозой исчезновения видам животных, растений, грибов и их местообитаниям (Об утверждении Стратегии..., 2014).

Основой для создания федеральной базы должны стать региональные БД. На наш взгляд, они должны включать не только виды, занесенные в Красные книги субъектов Российской Федерации (РФ), а все виды живых организмов, нуждающиеся в охране на территории региона. Это вызвано особенностями формирования перечней краснокнижных организмов в каждом субъекте РФ: в силу различных обстоятельств они включают меньшее количество видов, чем действительно нуждается в охране.

В соответствии с положением «О порядке ведения Красной книги РФ» к объектам, нуждающимся в специальных мерах охраны, относятся:

- виды, находящиеся под угрозой исчезновения;
- уязвимые, эндемичные и редкие виды, охрана которых важна для сохранения биоразнообразия различных природно-климатических зон;
- виды, имеющие реальную или потенциальную хозяйственную ценность, и при существующих темпах эксплуатации поставленные на грань исчезновения;

• виды, не требующие в настоящее время срочных мер охраны, но нуждающиеся в контроле состояния в силу их уязвимости (Красная книга РФ, 2008).

Все они, а также объекты, подпадающие под действие международных соглашений, конвенций и объекты, занесенные в Международную Красную книгу, должны быть включены в Красную книгу РФ и Красные книги ее субъектов (Об утверждении Стратегии..., 2014).

Под редкими и находящимися под угрозой исчезновения видами понимают:

1) естественно редкие виды, потенциально уязвимые в силу своих биологических особенностей (низкая численность, малая площадь ареала, низкий темп воспроизводства популяции);

2) виды, широко распространенные, но находящиеся под угрозой исчезновения или сокращающие свою численность и ареал в результате антропогенного воздействия (Об утверждении Стратегии..., 2014). В нашей работе мы придерживаемся этих же понятий.

Третье издание Красной книги Ярославской области должно выйти не позже 2024–2025 года. Работа по его подготовке уже началась. Она направлена на уточнение списка редких и исчезающих видов, мониторинг существующих популяций и поиск новых местонахождений краснокнижных видов. Кроме того, продолжается поиск новых видов редких организмов (в том числе грибов) на территории области. Для обобщения полученных сведений важное значение имеет создание и ведение БД грибов, нуждающихся в охране в Ярославской области. Эта работа предполагает длительное и регулярное исследование микобиоты региона, а также анализ аналогичных данных на территориях сопредельных областей и Российской Федерации.

В данной статье изложен опыт создания и использования БД «Грибы, национального парка “Плещеево озеро”, нуждающиеся в охране». Она является составной частью еще формирующейся БД «Грибы, нуждающиеся в охране на территории Ярославской области».

Специальные исследования агарикоидных и гастероидных базидиомицетов (современный класс Агарикомицеты) национального парка «Плещеево озеро» (особо охраняемая территория федерального значения) были предприняты в 1995–1997 годах в Ярославском госпедуниверситете им. К. Д. Ушинского (Лазарева, 1997а, 1997б, 1998). С различной периодичностью они проводятся до настоящего времени (Лазарева, 2008, 2016, 2018). В 2016–2019 годах сотрудниками Ярославского госуниверситета им. П. Г. Демидова на территории парка были предприняты комплексные исследования, позволившие выявить новые виды грибов, не приводившиеся ранее в публикациях. Таким образом, к концу 2019 года накопилось довольно много информации о грибах парка, однако она оставалась разрозненной. Эта ситуация определила необходимость систематизации данных.

Микобиота национального парка «Плещеево озеро» исследована неравномерно. В общей сложности на настоящий момент здесь зафиксированы 341 вид и разновидность макроскопических грибов. Базидиальные грибы (Basidiomycota) представлены 317 видами: 50 видами афиллофороидных базидиомицетов и 267 видами агарикоидных и гастероидных базидиомицетов. Макроскопические аскомицеты (Ascomycota) специально на территории парка не изучались. Их выявлено 24 вида.

БД «Грибы национального парка “Плещеево озеро”, нуждающиеся в охране» создана в 2019 году с помощью программного обеспечения Microsoft Access 2013. Основой для нее послужили: гербарий грибов ЯГПУ им. К. Д. Ушинского (более 500 образцов); научные публикации, посвященные грибам национального парка «Плещеево озеро»; Красная книга РФ (Красная книга РФ, 2008), 1-е и 2-е издания Красной книги Ярославской области (Красная книга Ярославской области, 2004, 2015).

На данный момент база содержит сведения о 94 видах макромицетов, нуждающихся в охране, что составляет 107 строк. В качестве критериев отбора видов для включения в базу использованы таковые из Красной книги РФ, приведенные выше. Статусы (категории) видов приведены по источникам информации или, в случае ее отсутствия, по количеству гербарных образцов.

В окне БД во вкладке «Таблицы» с помощью конструктора были созданы таблицы. Каждой таблице присвоено имя. Таблицы связаны между собой. В настоящее время БД состоит из 4 таблиц: основной – «Перечень грибов национального парка «Плещеево озеро», нуждающихся в охране», и трех вспомогательных: «Перечень грибов в Красной книге Ярославской области» (2004), «Перечень грибов в Красной книге Ярославской области» (2015), «Источники информации». В 17 полях основной таблицы фиксируется следующая информация о находке: порядковый номер; латинское название вида; район (город); место сбора; координаты (если есть данные); местообитание; эколого-трофическая группа; субстрат и экологические условия; дата сбора; коллектор; автор определения; гербарий (место нахождения гербарного образца); источник информации; статус (категория) охраны; состояние популяции; распространение в Ярославской области; распространение в РФ.

Таблицы по грибам, занесенным в Красную книгу ЯО, содержат следующие поля: латинское и русское название вида, семейство, статус вида, ранг охраны, находки на территории области и источник информации, численность, встречаемость, экология и биология, лимитирующие факторы, принятые меры охраны, рекомендации по сохранению вида в естественных условиях, наличие в другом издании Красной книги ЯО.

БД позволяет максимально полно аккумулировать информацию о виде; вносить информацию о новых находках вида на территории парка; проводить анализ списка по различным позициям (по отдельности или комбинируя). Сопоставление таблицы «Красная книга Ярославской области (2015)» с основной таблицей позволило выявить редакторскую ошибку: были перепутаны находки и источники информации в статье «Паутинник фиолетовый». Важно, чтобы ошибка не была воспроизведена в третьем издании.

Насколько нам известно, это единственная база данных по грибам национального парка «Плещеево озеро», существующая на сегодняшний день. В данный момент проводится подготовка заявки на регистрацию этой БД как объекта интеллектуальной собственности.

Литература

- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). Ред.: Ю. П. Трутнев и др.; сост. Р. В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
- Красная книга Ярославской области. Под ред. Л. В. Воронина. Ярославль: Изд-во А. Рутмана, 2004. 384 с.
- Красная книга Ярославской области. Отв. ред. М. А. Нянковский. Ярославль: Академия 76, 2015. 472 с. URL: <http://www.yarregion.ru/depts/doosp/DocLib/2015.pdf> (дата обращения: 11.02.2020).
- Лазарева О. Л. Биота агарикоидных и гастероидных базидиомицетов национального парка «Плещеево озеро» (Ярославская область) // Научные исследования в заповедниках и национальных парках России: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Петрозаводск, 2016. С. 134–135.
- Лазарева О. Л. Биота гастероидных базидиомицетов Ярославской области // Чтения Ушинского: материалы Международной конференции. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2008. С. 35–41.
- Лазарева О. Л. К флоре и экологии агарикальных грибов (Agaricales. I.) Переславского национального парка (Ярославская обл.) // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: тезисы докладов IV Международной конференции. М., 1997а. С. 45–46.
- Лазарева О. Л. Редкие виды агариковых грибов в Ярославской области // Проблемы охраны и рационального использования природных экосистем и биологических ресурсов: материалы Всероссийской конференции. Пенза, 1998. С. 265–268.

- Лазарева О. Л. Редкие и уязвимые виды грибов национального парка «Плещеево озеро» // Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: материалы Всерос. конференции с международным участием. Ярославль: Филигрань, 2018. С. 42–44.
- Лазарева О. Л. Шляпочные грибы Ярославской области. I. Переславский национальный парк // Микология и фитопатология. 1997б. Т. 31. Вып. 6. С. 7–13.
- Об утверждении Стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в Российской Федерации на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 17.02.2014 №212-р // Справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159411 (дата обращения: 02.02.2020).

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГИС ПРИРОДНОГО ПАРКА «КОНДИНСКИЕ ОЗЕРА»

Ларин Е. Г.

*Природный парк «Кондинские озера» им. Л. Ф. Сташкевича,
г. Советский, Россия*

EXPERIENCE IN CREATING A GIS OF THE NATURAL PARK «KONDINSKY LAKES»

Larin E. G.

*Nature Park «Kondinskie ozero» named after L. F. Stashkevich,
Sovietskiy, Russia,
ORCID: [0000-0003-1757-1734](https://orcid.org/0000-0003-1757-1734)*

Corresponding e-mail: larvisim@mail.ru

Summary: the goal of the project is to create a geo-information system (GIS) of the Natural Park “Kondinsky Lakes” (ppko) based on the QGIS software for collecting, storing and graphical visualization of spatial data and related information about the presented objects.

Keywords: GIS of the Natural Park “Kondinsky Lakes”

Цель проекта: создание геоинформационной системы (ГИС) природного парка «Кондинские озера» (ППКО) на основе программного обеспечения QGIS для сбора, хранения и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных объектах. Данная система является пилотным проектом, но его решение является уникальным и будет использоваться для отработки и обоснования более крупного проекта по созданию базы данных (БД) ППКО с применением новых инструментов.

Реализацию проекта провели совместно со студентами кафедры картографии и геоинформационных систем Института наук о Земле Тюменского университета (ТюмГУ) и сотрудниками ППКО. Руководитель проекта к.г.н. Ильдар Рустамович Идрисов (заведующий кафедрой). Работа по созданию ГИС ППКО выполнена студентом Д. С. Спесивцевым в рамках выпускной квалификационной научно-исследовательской работы на тему «Картографическое и геоинформационное обеспечение деятельности особо охраняемых природных территорий на примере природного парка “Кондинские озера”». В ходе реализации проекта были реализованы следующие задачи:

1. Разработана структура БД для информационной системы;
2. Проведено натурное обследование объектов инфраструктуры на исследуемой территории;
3. Апробирован обмен данными для создания БД по зоологии и ботанике со спутниковым навигатором и системой ГИС ППКО;
4. Составлен ряд тематических карт территории ППКО.

Базовая картографическая система включает в себя следующие пространственные слои:

1. Административные и лесоустroительные границы, функциональные зоны ППКО (Граница парка. Минерализованные полосы. Квартальная сеть. Визирь);
2. Дороги, тропы (Технологические дороги. Грунтовые дороги. Лесные тропы);
3. Объекты инфраструктуры и дорожные сооружения (Мосты, Переправы. Трубопроводы. Разведочные скважины. ЛЭП);
4. Населенные пункты (Поселки. Деревни. Кордоны – строения для временного проживания);
5. Гидрография (Реки. Озера. Болота);
6. Флора и растительность (Флористическое описание. Растительные сообщества. Учетные данные и места распространения объектов – встречи);
7. Фауна (Птицы. Звери. Пресмыкающиеся. Ихтиофауна. Беспозвоночные. Учетные данные и места распространения объектов – встречи);
8. Редкие виды биоты (Животные. Растения. Грибы. Места распространения объектов – встречи);
9. Ландшафтное и геоботаническое описание, лесоустройство ППКО (Классификация ландшафтов. Лесоустройство по годам. Геоботаническая классификация по годам);
10. Антропогенное влияние (Вырубки. Пожары);
11. Туризм – разрабатываемый слой (Места рекреации – отдых. Стоянки. Сбор дикоросов и прочее. Туристические маршруты);
12. Охрана – разрабатываемый слой (Антропогенные нарушения. Постоянные маршруты патрулирования).

Таким образом, данная ГИС ППКО позволяет оптимизировать работу ППКО в научной, природоохранной и экопросветительской деятельности в трех направлениях: создания БД, демонстрации данных во времени и пространстве, получения картографических отчетов. Результаты данной работы поступательно внедряются в рабочий процесс научной деятельности ППКО.

Опыт использования ГИС показал недостаточные возможности программного обеспечения (ПО) QGIS в создании сложных, взаимосвязанных с внутренней и внешней иерархией БД, которые необходимы в научной деятельности ППКО.

Единственным решением проблемы является использование при создании БД специальных систем управления базами данных (СУБД). В этом случае, логическую структуру БД будет образовывать совокупность реляционных таблиц, между которыми устанавливаются связи. Реляционная БД представляет собой множество взаимосвязанных двумерных таблиц – реляционных таблиц, называемых также отношениями, в каждой из которых содержатся сведения об одной и той же сущности автоматизируемой предметной области (например, результаты учетов, наблюдений, измерений и т.п.). Это становится крайне важным, когда кроме предметной области в БД, есть область описательная или мастер-таблица, где приведены разные сведения, например, о дате и времени проведения учетов, а также о месте (территория, квартал, выдел), использованном методе наблюдений и прочее. Например, такие поля, как биотоп, станция, квартал и выдел связаны (посредством использования ключей – цифровых кодов) со справочниками или имеют связь с другой БД, например с лесоустройством, геоботаническим или ландшафтным описанием. В реляционных таблицах БД должны сохраняться все данные, необходимые для решения задач предметной области.

Важной особенностью такой ГИС является то, что она должна быть концептуально встроена в систему и быть частью БД. Для демонстрации данных во времени и пространстве,

получения картографических отчетов, достаточно будет войти в меню системы и в интерактивном режиме выбрать предмет интереса. Специальных знаний программного обеспечения ГИС не потребуется. Последнее является камнем преткновения для многих пользователей.

Кроме того, в своей работе мы часто используем навигационное устройство в целях фиксации в пространстве координат объектов природы, учетных маршрутов, и треки тропления животных. GPS (Global Positioning System) треки – это файлы, создаваемые специальными устройствами с функцией навигации. Это может быть навигатор, планшет, телефон или GPS-трекер. Данные файлы служат для восстановления истории передвижения, а точнее, передвижения устройства навигации.

На территории ППКО хорошо развита дорожная и тропиная сеть. Много заброшенных лесовозных дорог и «зимников» (дорог, которые используются только зимой), лесных троп, подходов к «диким» стоянкам рыбаков и грибников. Таким образом, кроме научных целей в использовании навигационных устройств, есть потребность в создании навигационных карт для рекреационной деятельности. Для этого необходимо загрузить данные из GPS-приемников в ГИС для того, чтобы обновить или добавить информацию о пространственном расположении объектов. Решение этого вопроса должно быть в интерактивном режиме, с использованием контекстного меню выбранного слоя. Нужно предусмотреть и обратную потребность: загрузить объект с карты или саму карту в навигационное устройство. Тогда пользователю не надо будет разбираться в специальных модулях программного обеспечения, встроенных в ГИС, или уметь перекодировать треки из одного формата в другой. Нужно будет только следовать меню, выбирать из предложенных вариантов задач ту, которая необходима в решении. Также в данном разделе ГИС можно будет пересчитать координаты различных форматов или рассчитать расстояния между двумя координатными точками. Предполагается и определение координат в пространстве труднодоступного объекта по разным точкам пеленга.

ФИТОЦЕНОТЕКА ТРАВЯНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЮЖНОГО УРАЛА КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА И МОНИТОРИНГА БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Лебедева М. В.¹, Ямалов С. М.¹, Королюк А. Ю.²,
Голованов Я. М.¹, Золотарева Н. В.³, Драп М. Н.⁴

¹Южно-Уральский ботанический сад институт РАН, Уфа, Россия

²Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

³Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

⁴Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, Уфа, Россия

SOUTH URAL NON-FOREST VEGETATION DATABASE – INSTRUMENT OF ANALYSIS AND BIODIVERSITY MONITORING

Lebedeva M.¹, Yamalov S.¹, Korolyuk A.², Golovanov Ya.¹, Zolotareva N.³, Drap M.⁴

¹South-Ural Botanical garden-institute – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²Central Siberian botanical garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

³Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

⁴Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa, Russia

Corresponding e-mail: lebedevamv@mail.ru

Summary: database of non-forest vegetation of the Southern Urals contains 6 526 relevés of natural and semi-natural grasslands, weeding and aquatic vegetation. It is aggregated in international repositories and actively used in studies of biodiversity, ecological patterns and nature conservation projects both on regional, continental and global scale.

Keywords: biodiversity, vegetation, database, natural and semi-natural grasslands, Southern Urals

Исследование разнообразия и экологических закономерностей функционирования травянистых сообществ Северной Евразии традиционно является актуальной задачей фундаментальных и прикладных научных исследований. Долгое время данные по растительности, собранные исследовательскими коллективами, агентствами по охране окружающей среды, оставались недоступными для сравнительных анализов и обобщений. На сегодняшний день благодаря функционированию таких международных платформ, как Европейский архив растительности (Chytrý et al., 2016) и международный консорциум sPlot (Bruehlheide et al., 2019), включающих более 1 млн геоботанических описаний, становится возможным исследование глобальных закономерностей таксономического, филогенетического и функционального разнообразия на уровне растительных сообществ. Даже в контексте таких значительных массивов информации, данные по травяным сообществам Южного Урала представляют существенный интерес в связи с расположением территории на стыке Европы и Азии, присутствием на относительно небольшом пространственном градиенте смены зональных

типов почв, растительности, высотной поясности, сложностью геоморфологического строения ландшафтов.

Впервые фитоценотека травяной растительности Южного Урала была зарегистрирована в Глобальном индексе данных по растительности (Dengler et al., 2011) в 2012 году (Yamalov et al., 2012), в 2016 году в Европейский архив растительности было включено около 3 000 полных геоботанических описаний (Chytrý et al., 2016). На 1 февраля 2020 года фитоценотека (00-RU-006 – Database of non-forest vegetation of the Southern Urals, <http://www.givd.info/ID/00-RU-006>) включает 6 526 описаний, охватывающих географический градиент в диапазоне 47.48°...58.45° с. ш. и 50°...62° в. д. Представлены территории 4 субъектов Российской Федерации (Республика Башкортостан, Оренбургская, Челябинская и Свердловская области) и 2 – Республики Казахстан (Актюбинская и Атырауская области). С позиции физико-географического районирования территория находится на стыке Восточно-Европейской равнины и Уральской горно-равнинной страны, также включает Подуральское плато. На широтном градиенте происходит последовательная смена зональных типов растительности от подзоны южной тайги на севере до подзоны сухих степей на юге, небольшая часть локалитетов представленных описаний относится к подзоне северных пустынь. Высоким разнообразием характеризуются также зональные типы почв: на равнинных участках они сменяются от горных подзолистых и серых лесных до черноземов (выщелоченных, обыкновенных, южных, реже солонцеватых и солончаковатых) и темно-каштановых солонцеватых. В почвенном покрове невысоких хребтов и гряд доминируют маломощные грубоскелетные и эродированные почвы с выходами горных пород. Очень высоко геологическое разнообразие материнских пород.

В фитоценотеке представлены данные по нескольким типам растительности: растительность остепненных лугов, степей, их эдафических и антропогенных вариантов – 3 950 описаний (в том числе 285 описаний – степные массивы на урбанизированных территориях), луговая растительность (настоящие и лесные луга) – 520 описаний, водная и прибрежно-водная растительность – 810 описаний, сегетальная растительность – 1 248 описаний. Описания, составляющие фитоценотеку, выполнялись по стандартным методикам, как правило на площадках 10 × 10 м, реже в естественных границах фитоценоза. Представлены полные списки видов на учетных площадках с указанием обилия в баллах по шкале Браун-Бланке: г – вид на площадке встречен в единичных экземплярах; + – вид имеет проективное покрытие до 1 %; 1 – от 1 до 5 %; 2 – от 5 до 25 %; 3 – от 25 до 50 %; 4 – от 50 до 75 %; 5 – выше 75 %.

Представлены описания с 1960 по 2019 годы, наибольшим количеством описаний представлен период с 2010 по 2019 гг. – 55.5 % (3 582) описаний.

Общий список коллекторов насчитывает 48 человек, ведущими коллекторами раздела по степной и луговой растительности являются С. М. Ямалов, Я. М. Голованов, Н. В. Золотарева, А. Ю. Королук, М. В. Лебедева, А. А. Мулдашев, по сегетальной растительности – Г. Р. Хасанова, С. М. Ямалов, Э. Ф. Шайхисламова, Л. М. Абрамова, по водной растительности – С. С. Петров, З. Б. Бактыбаева, Я. М. Голованов.

На сегодняшний день, в связи с развитием ГИС-технологий в исследованиях растительного покрова, важным аспектом, определяющим ценность представленных данных, является наличие геопривязок локалитетов описаний. В рассматриваемом массиве данных около 58 % описаний имеют точные GPS-координаты, 22 % описаний – привязки с точностью не менее 1 км, менее 20 % описаний – привязки к населенным пунктам с точностью не менее 10 км. Высокая доля геопривязанных описаний позволяет применять материалы фитоценотеки в

исследованиях, посвященных определению потенциальных ареалов отдельных видов и типов сообществ и прогнозирования их динамики при различных сценариях изменения климата, с применением методов биоклиматического моделирования (Хасанова и др., 2018; Kozhevnikova et al. 2019).

Разнообразие типов растительности, представленных в фитоценоотеке, и большое количество описаний с обширной территории определяют значительный объем ценофлоры рассматриваемой выборки. Так, выявленная ценофлора только для степей и остепненных лугов насчитывает более 1 400 видов. Один из наиболее интересных с точки зрения представленности редкого компонента флоры типов степной растительности – петрофитные степи – насчитывает в составе сообществ 741 вид, из них 154 (20.8 %) редких и нуждающихся в охране вида, реликта и эндемика (Ямалов и др., 2019). Все это определяет ценность имеющейся информации для таких глобальных проектов, как Global Diversity Information Facility (gbif.org), обеспечивающих доступ к данным о биоразнообразии в планетарном масштабе. Интеграция с данной платформой в ближайшей перспективе является актуальной задачей.

Материалы фитоценоотеки являются базой для выполнения синтаксономических обобщений на региональном (Дулепова и др. 2018; Тептина и др., 2018; Хасанова и др., 2018, 2019; и др.) и континентальном уровне (Wilner et al., 2019), факторов организации травяной растительности (Lebedeva et al., 2017; Korolyuk et al., 2018; и др.), глобальных трендов биоразнообразия (Bruehlheide et al., 2019). Крайне важно и то, что осуществляется дальнейшая интеграция полученных результатов в практику природоохранной деятельности (Уникальные памятники..., 2014; Абдуллин и др., 2018). Предоставление данных в соответствии с международными стандартами делает возможным адаптацию для региона европейских природоохранных инструментов, в частности систему классификации местообитаний EUNIS, перспективным представляется участие в проектах по развитию экологических сетей, таких как Изумрудная сеть, Панъевропейская сеть и др.

Литература

- Абдуллин Ш. Р., Багмет В. Б., Баишева Э. З., Бикбаев И. Г., Валуев В. А., Волков А. М., Галеева А. Х., Зернов Д. А., Журавкова М. М., Ильясов Д. В., Маркина А. В., Мартыненко В. Б., Мигранов М. Г., Мулдашев А. А., Островская Ю. В., Позднякова Э. П., Сирин А. А., Суворов Г. Г., Успенская О. Н., Хабибуллин В. Ф., Широких П. С., Ямалов С. М. Под ред. Б. М. Миркина, В. Б. Мартыненко. Природные условия и биота Природного парка «Аслы-Куль». Уфа: Башк. энцикл., 2018. 456 с.
- Дулепова Н. А., Корольюк А. Ю., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Голованов Я. М. Растительность песчаных степей Оренбургской области // Растительность России. СПб., 2018. № 33. С. 51–65.
- Тептина А. Ю., Лебедева М. Б., Ямалов С. М. О некоторых сообществах петрофитных степей Среднего Урала // Растительность России. СПб., 2018. № 33. С. 92–106. DOI: [10.31111/vegrus/2018.33.92](https://doi.org/10.31111/vegrus/2018.33.92)
- Уникальные памятники природы – шиханы Тратау и Юрактау. Под ред. А. И. Мелентьева, В. Б. Мартыненко. Уфа: Гилем; Башк. энцикл., 2014. 312 с.
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В. Сегетальная растительность Южного Урала: союз *Scleranthion annui* (Kruseman et Vlieger 1939) sissingh in Westhoff et al. 1946 // Растительность России. СПб., 2018. № 34. С. 120–137.
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Сафин Х. М. Прогноз распространения сорно-полевых сообществ Южного Урала на основе климатического моделирования // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 9 (32). С. 17–20. DOI: [10.24411/0235-2451-2018-10904](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10904)
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Шигапов З. Х. Сегетальная растительность Южного Урала: союзы *Caucalidion Tx. ex von Rochow* 1951 и *Lactucion tataricae* Rudakov in Mirkin et al. 1985 // Растительность России. 2019. № 37. С. 1–28.
- Ямалов С. М., Лебедева М. В., Голованов Я. М., Петрова М. В. Редкие и нуждающиеся в охране виды растений каменистых степей Южного и Среднего Урала // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 4. С. 107–115.

- Bruehlheide H., Jiménez-Alfaro B., Purschke O., Haider S., Jandt U., Sabatini F.M., Kühn I., Dengler J., Kattge J., Winter M., Kühl H., Sop T., Virtanen R., Wesche K., Hennekens S. M., Janssen J., Ozinga W. A., Schaminée J. H. J., Chytrý M., Holubová D., Yamalov S. et al. sPlot – A New Tool for Global Vegetation Analyses // *Journal of Vegetation Science*. 2019. V. 30. № 2. P. 161–186.
- Chytrý M., Jiménez-Alfaro B., Knollová I., Landucci F., Danihelka J., Jiroušek M., Marcenò C., Michalcová D., Peterka T., Hennekens S. M., Schaminée J. H. J., Janssen J. A. M., Dengler J., Jandt U., Jansen F., Aćić S., Dajić Stevanović Z., Agrillo E., Attorre F., De Sanctis M., Yamalov S. et al. European Vegetation Archive (EVA): An Integrated Database of European Vegetation Plots // *Applied Vegetation Science*. 2016. V. 19. № 1. P. 173–180.
- Dengler J., Jansen F., Glöckler F., Peet R. K., De Cáceres M., Chytrý M., ... Spencer N. The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science // *Journal of Vegetation Science*. 2011. № 22. P. 582–597.
- Korolyuk A. Yu., Dulepova N. A., Yamalov S. M., Lebedeva M. V., Golovanov Ya. M., Zverev A. A. Patterns of Sandy steppe vegetation in the valleys of Samara and Ural Rivers and their tributaries in Orenburg Oblast // *Contemporary problem of ecology*. 2018. V. 11. № 2. P. 150–158. DOI: [10.1134/S1995425518020051](https://doi.org/10.1134/S1995425518020051)
- Kozhevnikova M., Prokhorov V., Lebedeva M., Yamalov S. Predictive distribution modeling of the dry grasslands in the Republic of Tatarstan // 16th Eurasian Grassland Conference (EGC) (29 May – 5 June 2019). FRITSCHIANA. 92. Graz, 2019. P. 30.
- Lebedeva M. V., Yamalov S. M., Korolyuk A. Yu. Ecological cenotic groups of species in Bashkir Trans-Ural steppes in relation to key ecological factors // *Contemporary Problems of Ecology*. 2017. V. 10. № 5. P. 455–463.
- Willner W., Rolecek J., Chytrý M., Korolyuk A., Dengler J., Jandt U., Janišová M., Lengyel A., Kacki Z., Aćić S., Becker T., Cuk M., Demina O., Kuzemko A., Kropf M., Lebedeva M., Yamalov S., Semenishchenkov Y., Šilc U., Stančić Z. et al. Formalized Classification of Semi-Dry Grasslands in Central and Eastern Europe // *Preslia*. 2019. V. 91. № 1. C. 25–49.
- Yamalov S., Muldashev A., Bayanov A., Jirnova T., Solomesch A. Database Meadows and Steppes of South Ural // *Biodiversity and Ecology*. 2012. № 4. P. 291.

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ФИТОСАНИТАРНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ
В ОТНОШЕНИИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ**

Лунева Н. Н.¹, Федорова Ю. А.²

¹*Всероссийский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия*

²*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

**APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES
FOR PHYTOSANITARY ZONING OF THE TERRITORY
IN RELATION TO WEEDS**

Luneva N. N.¹, Fedorova Yu. A.²

¹*All-Russian Institute of plant protection, Saint-Petersburg, Russia*

²*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

Corresponding e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru

Summary: the paper presents three stages of phytosanitary zoning: environmental substantiation of a weed species complex on a regional scale; modelling an analogous territory in terms of heat and moisture supply to the region with the species complex; extrapolation of the complex onto the modelled territory.

Keywords: weed species, phytosanitary zoning, ecology, geography

Прогнозирование видового состава комплексов сорных растений, формирующих агрофитоценозы на полях сельскохозяйственных культур, возделываемых на определенной территории, является основой выбора мер и средств защиты культивируемых растений от вредных ботанических объектов. Распространение культивируемых растений обусловлено их требовательностью к условиям произрастания, что лежит в основе агроэкологического районирования, согласно которому определяется регион возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры. Средообразующая роль культивируемых растений обуславливает состав и количественные показатели видов сорных растений в агрофитоценозе (Марков, 1972) и, на первый взгляд, должна обосновывать распространение видов сорных растений, как сопряженное с распространением сельскохозяйственных культур. Однако биологические особенности культивируемого растения и технология его возделывания определяют особенности формирования агрофитоценоза из тех видов сорных растений, которые уже произрастают на территории определенной агроэкосистемы и по-разному реализуются на одном и том же поле при смене культур в севообороте. Специализированных видов сорных растений, засоряющих посевы одной определенной культуры, чрезвычайно мало, а то, что состав агрофитоценозов одной и той же культуры, возделываемой в разных регионах, не идентичен, уже обсуждалось (Лунева, Мыслик, 2013, 2015; Лунева, 2018). Следовательно, агроэкологическое районирование, связанное с размещением зон возделывания сельскохозяйственных культур, не может быть основой фитосанитарного районирования территории в отношении сорных растений.

Решение этого вопроса находится в области научного подхода к сорным растениям, как к дикорастущим растениям вторичных местообитаний с нарушенным естественным растительным покровом (Лунева, 2018а). Распространение любого вида растения регулируется природными факторами, основными из которых являются тепло- и влагообеспеченность территорий, где они находят ресурсы для роста и развития (Алехин и др., 1961; Агаханянц, 1986). Формирование границ ареалов видов растений обусловливается действием фактора теплообеспеченности территории, лимитирующего их распространение в северном направлении, а также фактора влагообеспеченности, ограничивающего распространение вида в южном направлении (такие лимитирующие географические факторы, как обширные водные пространства, горные хребты и пустыни, рассматриваются особо). Следовательно, можно спрогнозировать видовой состав сорных растений для любой территории, сопоставив показатели требовательности каждого вида к факторам тепла и влаги с показателями тепло- и влагообеспеченности территории (Лунева, Мысник, 2014).

Показатели требовательности видов сорных растений к факторам тепла и влаги были определены с использованием электронных ресурсов интерактивного «Агроэкологического атласа России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения» (Афонин и др., 2008). Для выявления показателей факторов, лимитирующих распространение видов сорных растений в северном (сумма активных температур (САТ) выше +5 °С) и южном (гидротермический коэффициент ГТК) направлениях, использованы электронные карты зон распространения видов сорных растений, за исключением видов, распространенных в Закавказье и Средней Азии, электронная карта РФ с границами областей, а также карты распределения показателей САТ и ГТК по территории СНГ. Показатели факторов, лимитирующих распространение каждого вида, вычислялись в программе QGIS 2.18 по растровым картам ареалов видов путем определения на границах ареала вида по 20–30 значений лимитирующего фактора (сумма активных температур на северной границе ареала, ГТК – на южной), последующего выделения из них минимального и максимального значений и вычисления среднего арифметического. Аналогично определялись показатели факторов тепло- и влагообеспеченности территорий областей и регионов.

Таким образом были смоделированы видовые комплексы сорных растений, требовательности которых к факторам тепла и влаги соответствуют уровни тепло- и влагообеспеченности территорий Псковской (Лунева и др., 2019), Новгородской (Лунева и др., 2019а), Курганской (Лунева и др., 2018), Оренбургской (Лунева и др., 2019б), Курской (Лунева, Федорова, 2019) областей, Северо-Западного экономического района (Лунева, Федорова, 2019а).

Полученные результаты являются основой для разработки региональных (областных) стратегий защиты культивируемых растений от вредного воздействия сорных. Однако распространение видов не ограничивается административными границами областей. Если известен комплекс видов сорных растений для конкретной территории, важно знать, на какую территорию объективно, кроме данной области, этот комплекс распространяется. То есть, необходимо смоделировать территорию, аналогичную по совокупности показателей тепло- и влагообеспеченности территориям тех областей, для которых известен комплекс видов сорных растений. Моделирование аналогичной территории для Северо-Западного экономического района осуществлено с использованием программы IDRISI Selva 17.0, карты САТ выше +5 °С и ГТК. После реклассификации по диапазону значений ГТК и сумм температур на северной и южной границах областей Северо-Западного экономического района, выделенные зоны с помощью операции умножения были соединены в одну, подходящую одновременно по двум факторам. Для удобства интерпретации и визуализации построенная карта была векторизована

в MapInfo 16.0. Смоделированная зона представляет собой прерывистую территорию от Северо-Западного региона европейской части РФ, через Северо-Восточный, Урал и Сибирь до Дальнего Востока. Результат позволяет прогнозировать на смоделированной территории произрастание видов сорных растений, представленность которых на территории Ленинградской, Новгородской и Псковской областей была эколого-географически обоснована на первом этапе исследования. Верификация полученных результатов, осуществленная по данным научных публикаций, характеризующих видовой состав сорной флоры областей смоделированной территории – аналогов областей Северо-Западного региона по совокупности факторов тепла и влаги подтвердила произрастание видов прогностического комплекса на смоделированной территории (Лунева, Федорова, 2019а).

Вышесказанное представляет собой алгоритм фитосанитарного районирования, включающий несколько этапов. Эколого-географический анализ, используемый на первом этапе, научно обосновывает формирование видовых комплексов сорных растений, приуроченных к определенным территориям в масштабе регионов (областей). На втором этапе моделируется территория, аналогичная по совокупности факторов тепло- и влагообеспеченности тем регионам, для которых видовой комплекс уже выявлен. На третьем этапе видовой состав комплекса сорных растений экстраполируется на смоделированные территории.

Виды сорных растений в пределах своего ареала распространяются неравномерно, о чем свидетельствуют зоны вредоносности вида, то есть зоны оптимума условий для его роста и развития. Ближе к краю ареала показатели частоты встречаемости вида и его обилия в местах произрастания снижаются. Поэтому виды, попавшие в смоделированные комплексы в результате эколого-географического анализа (Афонин, Лунева, 2010), находятся на рассматриваемой территории не в одинаковых условиях: для одних видов территория региона (области) приходится на оптимум ареала вида, а для других – на края их ареалов. В связи с этим осуществляется ревизия карт ареалов видов сорных растений упомянутого выше «Агроатласа» с целью выделения не только зон вредоносности, но и зон встречаемости, характеризующихся позициями «часто» и «редко». Это позволяет объяснить фитосанитарную роль как разных видов сорных растений в одном регионе, так и одних и тех же в географически удаленных (Лунева, 2018).

Данный подход позволяет более полно интерпретировать данные фитосанитарного мониторинга, полученные в текущем полевом сезоне: выделить из списка видов сорных растений те, для которых территория данного региона является оптимальной по основным условиям произрастания; указать те, для которых она ограничено подходящая, а также те, которые попали на территорию в результате заноса (преднамеренного или непреднамеренного); объяснить фитосанитарную роль видов соответствием (или несоответствием) уровня тепло- и влагообеспеченности территории уровню требовательности видов к факторам тепла и влаги; разработать многолетний региональный прогноз распространения видов сорных растений модельного комплекса на территории данного региона и создать многолетнюю региональную стратегию защиты возделываемых на данной территории сельскохозяйственных культур от вредного воздействия сорных растений.

Благодарности

Работа осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-016-00135).

Литература

- Агаханянц О. Е. Ботаническая география СССР. Минск: Высш. шк., 1986. 175 с.
- Алехин В. В. Л., Кудряшов Л. В., Говорухин В. С. География растений с основами ботаники. М.: Учпедгиз, 1961. 532 с.
- Афонин А. Н., Грин С. Л., Дзюбенко Н. И., Фролов А. Н. (ред.). Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [Интернет-версия 2.0]. 2008. URL: <http://www.agroatlas.ru>
- Афонин А. Н., Лунева Н. Н. Эколого-географический анализ распространения видов сорных растений в целях комплексного фитосанитарного районирования // Базы данных и информационные технологии в диагностике, мониторинге и прогнозе важнейших сорных растений, вредителей и болезней растений : тезисы докладов Международной конференции (Санкт-Петербург – Пушкин, 14–17 июня 2010 г.). СПб.; Пушкин: Инновационный центр защиты растений, 2010. С. 11–13. eLIBRARY ID: 26523456
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н. Эколого-географическое обоснование видового состава сорных растений в посевах кукурузы в разных зонах возделывания // Защита растений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции (п. Краснообск, 24–26 июля 2013 г.). Краснообск: Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства, 2013. С. 213–216. eLIBRARY ID: 26372308
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н. Эколого-географический подход в прогнозировании видового состава сорных растений // Защита и карантин растений. 2014. № 8. С. 20–23. eLIBRARY ID: 21691806
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н. Эколого-географическое моделирование и анализ структуры видового состава сорных растений посевов зерновых культур европейской части России и Сибири // Продовольственный рынок: проблемы импортозамещения: материалы Международной научно-практической конференции (26–27 февраля 2015 г.). Екатеринбург: УрГАУ, 2015. С. 360–363. eLIBRARY ID: 26213706
- Лунева Н. Н. Виды сорных растений в региональных сегетальных флорах на примере Ленинградской и Липецкой областей // Биологический вид в структурно-функциональной иерархии Биосферы: материалы XV Международной научно-практической экологической конференции. Белгород: Изд. дом «Белгород». 2018. С. 100–104 eLIBRARY ID: 37535482
- Лунева Н. Н. Сорные растения: происхождение и состав // Вестник защиты растений. 2018а. № 1 (95). С. 26–32.
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н., Федорова Ю. А. Эколого-географическое обоснование формирования видового комплекса сорных растений на территории Курганской области // Проблемы природоохранной организации ландшафтов: материалы Международной. науч.-практ. конф. Новочеркасск: Изд-во Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова: ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», 2018. С. 99–104. eLIBRARY ID: 37620514
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н., Федорова Ю. А. Эколого-географическое обоснование формирования видового состава сорных растений на северо-западе РФ (на примере территории Псковской области) // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: материалы Второй Всерос науч.-практ. конф. Симферополь: ИТ «АРИАЛ». 2019. С. 588–594. eLIBRARY ID: 38141972
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н., Федорова Ю. А. Эколого-географическое обоснование формирования видового состава сорных растений на Северо-Западе РФ (на примере территории Новгородской области) // Биоразнообразие и антропогенная трансформация природных экосистем: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Саратов: Саратовский ГУ, 2019а. С. 153–158. eLIBRARY ID: 38938023
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н., Федорова Ю. А. Эколого-географическое обоснование формирования видового состава сорных растений в Уральском регионе (на примере Оренбургской области) // Наука, производство, бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора на примере агрохолдинга «Байсерке-агро»: сборник трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля Республики Казахстан Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича. Астана: Национальная инженерная академия РК, 2019б. С. 345–350 eLIBRARY ID: 41663544
- Лунева Н. Н., Федорова Ю. А. Опыт фитосанитарного районирования территории европейской части РФ в отношении сорных растений на макроуровне (на примере Курской области) // Аграрная наука. Иммуитет растений к инфекционным заболеваниям: материалы Междунар. науч.-практ. конф. М.: Редакция журнала «Аграрная наука». 2019. Т. 3. С. 5–9. DOI: [10.32634/0869-8155-2019-326-3-5-9](https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-5-9)
- Лунева Н. Н., Федорова Ю. А. Фитосанитарное районирование сорных растений на макроуровне на примере Северо-Западного региона России // Вестник защиты растений. 2019а. № 2 (100). С. 15–23. DOI: [10.31993/2308-6459-2019-2\(100\)-15-23](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2(100)-15-23)

Марков М. В. Агрофитоценология – наука о полевых растительных сообществах. Казань: Изд-во Казан. ун-та., 1972. 272 с.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ БАЗЫ ДАННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ГОР-ЛАККОЛИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Лысенко Т. М.¹, Дутова З. В.², Шильников Д. С.²,
Щукина К. В.¹, Кессель Д. С.¹, Абдурахманова З. И.³,
Гаджиатаев М. Г.³, Серебряная Ф. К.^{2,4}

¹Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Перкальский дендрологический парк (Эколого-ботаническая станция «Пятигорск»)

БИН РАН, Пятигорск, Россия

³Горный ботанический сад – обособленное подразделение
Дагестанского Федерального исследовательского центра РАН,
Махачкала, Россия

⁴Пятигорский медико-фармацевтический институт –
филиал Волгоградского государственного университета, Пятигорск, Россия

EXPERIENCE OF CREATION AND PERSPECTIVES OF A DATABASE OF PLANT COMMUNITIES OF THE CENTRAL CAUCASUS MOUNTAIN-LACCOLITHES

Lysenko T. M.¹, Dutova Z. V.², Shilnikov D. S.², Shchukina K. V.¹,
Kessel D. S.¹, Abdurakhmanova Z. I.³,
Gadzhataev M. G.³, Serebryanaya F. K.^{2,4}

¹Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia,

ORCID: [0000-0001-6688-1590](#), ORCID: [0000-0002-0361-3588](#),

ORCID: [0000-0002-6723-2629](#)

²Perkalskiy Arboretum of Komarov Botanical Institute RAS, Pyatigorsk, Russia,

ORCID: [0000-0003-2235-4400](#)

³Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Centre RAS,
Makhachkala, Russia,

ORCID: [0000-0001-7819-7446](#), ORCID: [0000-0001-8969-6961](#)

⁴Pyatigorsk Medical-Pharmaceutical Institute – a branch
of Volgograd State University, Pyatigorsk, Russia,

ORCID: [0000-0001-9409-9344](#)

Corresponding e-mail: ltm2000@mail.ru

Summary: the geobotanical database is based on the TURBOVEG program. It contains geobotanical descriptions of plant communities of mountain laccoliths of the Central Caucasus. The database is intended to summarize information and create reviews about the vegetation cover of these objects and compare them with the vegetation cover of other territories.

Keywords: plant communities, database, mountain-laccolith, Central Caucasus

Геоботаническая база данных «Растительность гор-лакколитов Центрального Кавказа» создана коллективом авторов в 2017 г. на основе компьютерной программы TURBOVEG (Hennekens, Schaminée, 2001).

Растительный покров гор-лакколитов Центрального Кавказа, несмотря на длительный период использования региона для курортных и рекреационных целей, находится в удовлетворительном состоянии. Флоре и растительности гор свойственно высокое видовое богатство и своеобразие, что связано с широким спектром экологических условий, возникающих на этих уникальных геологических образованиях. Растительные сообщества включают большое количество редких, эндемичных и реликтовых видов растений.

База данных содержит геоботанические описания растительных сообществ гор-лакколитов Кавказских Минеральных Вод, выполненные авторами и опубликованные в открытой литературе другими исследователями. Она предназначена для обобщения сведений и создания обзоров о растительном покрове названных объектов и сравнения их с растительным покровом других территорий. Область применения базы данных – современная наука о растительности, биогеография, картография, флористика, экология и охрана природы. База данных позволяет обобщать сведения и систематизировать данные о растительных сообществах; выводить их конкретные характеристики в соответствии с задачей, поставленной исследователями; систематизировать геоботанические описания по региональным, территориальным, зональным, экологическим и прочим признакам. Функциональная структура базы данных представлена основными полями: Releve number, Cover abundance scale, Country code, Biblioreference, Nr. table in publ., Nr. releve in table, Date (year/month/day), Releve area (m²), Altitude (m), Cover total (%), Cover moss layer (%), Cover lichen layer (%), Mosses identified (y/n), Lichens identified (y/n), Remarks, Synoptic table (y/n), Number of releves, Syntaxon Europe, Latitude, Longitude. Информационную структуру базы данных составляют геоботанические описания, каждое из которых имеет список видов высших сосудистых растений с проективным покрытием, дату и место выполнения описания, общее проективное покрытие в %, проективное покрытие мхов в %, проективное покрытие лишайников в %, размер площадки и, если описание было опубликовано, сведения о библиографическом источнике, таблице, номере столбца в таблице, низшем синтаксоне, высшем синтаксоне, географических координатах. В настоящий момент в базе данных содержатся 286 геоботанических описаний степных и луговых сообществ, выполненных в Ставропольском крае, в регионе Кавказских Минеральных Вод. Они отнесены к классам *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947 и *Molinio-Arrhenatheretea* Tx. 1937 (названия классов даны по: Mucina et al., 2016). Предполагается дальнейшее пополнение базы данных геоботаническими описаниями степной, луговой, скальной и лесной растительности, и в перспективе – ее регистрация в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках темы госзадания БИН РАН
AAAA-A19-119030690058-2.

Литература

- Hennekens S. M., Schaminée J. H. J. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data // J. Veg. Sci. 2001. № 12. P. 589–591.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F. J. A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H. J., Lysenko T., Didukh Y. P., Pignatti S., Rodwell J. S., Capelo J., Weber H. E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S. M., Tichý L.

Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. 2016. V. 19 (S1). P. 3–264. DOI: [10.1111/avsc.12257](https://doi.org/10.1111/avsc.12257)

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ В ГЕОБОТАНИКЕ

Макунина Н. И.

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

ON ELABORATION OF DIGITAL REFERENCE SYSTEMS IN GEOBOTANY

Makunina N. I.

Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia

Summary: the presented version of digital reference book contains information about the syntaxa of floristic classification taken from publications (syntaxonomic position and description) and the current prodromus of plant communities of South Siberia. The reference book is implemented in Access 2003, the on-line version is being discussed.

Keywords: South Siberia, floristic classification, digital reference system

Успех развития биологических наук во многом зависит от того, насколько удачно их объекты разбиты на классы, позволяющие определять области экстраполяции выявленных закономерностей. Сложная для биологических объектов вообще, классификация растительных сообществ оказывается сверхсложной, так как сообщества объединены в многомерный континуум (Миркин, Наумова, 2012). За все время существования геоботаники было предложено немало разных подходов к построению классификационных систем. В настоящее время широко используется флористическая классификация, в основу которой положен приоритет флористических критериев. В ней принята следующая иерархия единиц: класс, порядок, союз, ассоциация; базисной единицей является ассоциация. Основное достоинство флористической классификации заключается в ее гибкости: при развитии синтаксономии возможны любые дополнения и изменения без полного разрушения созданной ранее иерархии. В результате меняются и уточняются объем и структура синтаксонов всех рангов, при этом они встраиваются в сложившуюся систему; названия и процедуру внесения изменений регламентирует «Кодекс фитосоциологической номенклатуры». Основными препятствиями для широкого использования результатов флористической классификации можно считать трудночитаемые названия синтаксонов и невозможность из одного названия понять, какой именно тип растительности оно представляет, для этого нужно найти и изучить опубликованное описание синтаксона.

Результаты классификационных построений необходимы как самим синтаксономистам, так и специалистам-ботаникам других направлений (например, важно правильно назвать ассоциацию, ценопопуляцию вида из которой они описывают). Поиск информации сводится к двум основным задачам: первая – найти описание уже известного синтаксона, вторая – определить место изучаемого синтаксона в существующей иерархической системе. И, хотя для Сибири речь идет о нескольких сотнях публикаций, найти, отследить и обобщить эту информацию – отдельная проблема, которая частично может быть решена с помощью электронного справочника.

Нами был разработан следующий вариант интерфейса справочника. Экран разделен на окно выбора (поиска) и окно просмотра. Предлагается два варианта окна выбора (поиска):

1) Поиск по названию синтаксона. В поле для ввода запроса мы набираем часть названия синтаксона, сам синтаксон выбираем из выпадающего списка;

2) Поиск по «иерархическому дереву». Для поиска информации представлено пять полей. В первом поле из выпадающего списка мы выбираем биом (степь, лес, луг и др.), во втором – класс, в третьем – порядок, в четвертом – союз, в пятом – ассоциацию. На каждом шаге возможен просмотр информации о синтаксоне.

Окно просмотра содержит следующую информацию:

- Автор и название публикации;
- Синтаксономическое решение, предлагаемое автором;
- Синтаксономическое решение, принятое в справочнике. При несовпадении синтаксономических решений в справочнике и публикации появляется специальное уведомление;
- Фрагмент текста из публикации о выбранном синтаксоне;
- Сводное описание, сформированное на основе данных, содержащихся в публикации (для ассоциаций);
- Количество публикаций, содержащих информацию о синтаксоне.

Работающая версия справочной системы реализована в Access 2003. База данных состоит из 14 связанных таблиц. Основная таблица включает продромусы из публикаций и предлагаемый в справочнике продромус, дополнительная таблица – текстовое описание синтаксонов из публикаций. Сводное описание формируется из трех таблиц стандартного формата, используемого в TURBOWIN (tvhabita, tvabund, tvflora). Одна таблица содержит информацию о публикациях, остальные 6 таблиц представляют собой библиотеки синтаксонов: 1 – список биомов, 2 – список классов (1 – из публикаций, 1 – принятый в справочнике), 2 – список порядков (1 – из публикаций, 1 – принятый в справочнике), 2 – список союзов (1 – из публикации, 1 – принятый в справочнике).

Представляемый справочник является простым в использовании инструментом для быстрого доступа к специализированной информации из сотен различных статей, опубликованных в десятках различных журналов. На сегодняшний день в базе данных хранится информация о 2 000 синтаксономических единицах. Обсуждается возможность создания онлайн-версии справочника.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-04-00822).

Литература

Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: АН РБ Гилем, 2012. 488 с.

**АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАПАТРИЧЕСКОЙ ЗОНЫ КОНТАКТА
ДВУХ 46-ХРОМОСОМНЫХ ФОРМ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОЛЕВКИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

Малыгин В. М.¹, Баскевич М. И.², Варшавский А. А.², Хляп Л. А.²

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия;

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия

**GIS TECHNOLOGIES USING FOR ANALYSIS OF THE FORMATION
OF THE PARAPATRIC CONTACT ZONE OF TWO 46-CHROMOSOME FORMS
OF THE COMMON VOLE**

Malygin V. M.¹, Baskevich M. I.², Warshavskiy A. A.³, Khlyap L. A.⁴

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

ORCID: [0000-0003-0632-4949](https://orcid.org/0000-0003-0632-4949)

³Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

⁴Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

ORCID: [0000-0001-7698-5887](https://orcid.org/0000-0001-7698-5887)

Corresponding e-mail: vmalygin1@yandex.ru

Summary: using MapInfo Professional 9.5.1 and ArcGIS we prepared the series of maps reflecting the geographical placement of common voles (*Microtus arvalis*) of two forms: “arvalis” and “obscurus” near their parapatric contact zone, as well as natural and historical factors in the formation of this zone.

Keywords: *Microtus “arvalis”* group, sibling species, anthropogenic transformation, geographic range, invasions

Обыкновенная полевка (*Microtus arvalis* Pallas, 1779) – широко распространенный в Северной Евразии вид, достигающий высокой численности в безлесных мезофитных местообитаниях, которые стали главенствовать в средней полосе Европейской России после сведения лесов и орошения степей для распашки (Тупикова и др., 2000; Неронов и др., 2001). С 1960-х гг. началась новая эпоха изучения многих сторон экологии и особенностей распространения этого вида, так как то, что ранее считали одним видом, оказалось, относится к видам-двойникам: 46-хромосомной полевке (обыкновенная полевка) и 54-хромосомной (восточноевропейской – *Microtus rossiae meridionalis* Ognev, 1928) (Мейер, 1968; Мейер и др., 1996). Более того, 46-хромосомные полевки имеют 2 кариоформы: «arvalis» (2n = 46, NF = 84) и «obscurus» (2n = 46, NF = 72), генетические различия которых находят всё большее подтверждение (Малыгин, 1983; Потапов и др., 1999; Tougaard et al., 2013 и др.]. Все

перечисленные формы не имеют надежных признаков дифференциации по внешнему виду и морфологическим признакам, что отражается на слабой изученности их размещения. Однако к настоящему времени накоплено много данных по результатам электрофореза, цитогенетических и молекулярно-генетических исследований полевых группы «arvalis», которые позволяют достоверно диагностировать этих зверьков. В задачи настоящего исследования входило изучение географического расположения парapatрической зоны контакта двух 46-хромосомных форм обыкновенной полевки и анализ факторов формирования этой зоны с применением ГИС-технологий.

В сообщении использованы материалы, собранные с участием авторов в разных регионах страны, преимущественно в европейской части России и на Кавказе. Идентификация принадлежности зверька к той или иной форме чаще выполнена путем кариотипирования по стандартной методике, дополнительно использован молекулярно-генетический анализ: RAPD PCR, секвенирование генов мт (сyt b) и/или ядерной (p53) ДНК (подробней: Малыгин и др., 2019). Географические координаты пунктов отлова определяли с помощью GPS-навигатора или считывали с географических карт. Использованы также литературные данные, но только если описаны места отловов, а использованные методики позволяют получить достоверную диагностику полевых группы «arvalis».

В программах MapInfo Professional 9.5.1 и ArcGIS подготовлена серия карт, отражающих размещение 46-хромосомных обыкновенных полевых двух форм: «arvalis» и «obscurus» – в районе зоны их контакта. Уточнено географическое размещение зоны контакта. Зверьков формы «arvalis» на востоке ее ареала находили в Республике Коми, в Ленинградской, Вологодской, Костромской, Кировской, Ярославской, Тульской, Нижегородской, Владимирской, Московской, Брянской, Тамбовской, Липецкой, Воронежской и Курской областях, в Беларуси и Украине. Зверьков формы «obscurus» на западе ее ареала находили в Архангельской, Свердловской, Кировской, Пермской, Нижегородской, Владимирской, Тамбовской, Липецкой, Воронежской, Курской, Белгородской, Ростовской, Волгоградской и Саратовской областях; южнее изолировано – в Крыму и другой изолированный фрагмент ареала – в Ставропольском крае, Карачаево-Черкессии, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Чечне, Дагестане, Грузии, Армении и в Азербайджане (подробнее – источники информации см.: Малыгин и др., 2019). На севере, в средней тайге, области распространения двух форм обыкновенной полевки перекрываются, однако в этой полосе местообитания обыкновенных полевых фрагментарны и нет данных о совместном обитании обеих форм полевых. В Кировской, Нижегородской, Владимирской, Тамбовской, Липецкой, Воронежской, и Курской областях найдены полевки обеих форм, зона парapatрии относительно узкая, причем в Ковровском районе Владимирской области, Сокольском районе Нижегородской области, Усманском р-не Липецкой области и в Мантуровском районе Курской области обнаружены гибридные особи (Golenischev et al., 2001; Булатова и др., 2010; Баскевич и др., 2012, 2016; и др.). На юге Белгородской области ареалы «arvalis» и «obscurus» удаляются друг от друга, и северные степи Днепровско-Донского междуречья не заселены *M. arvalis*, хотя там обитает *M. rossiaemeridionalis*. Наложение границ максимального распространения ледника (Донского и Днепровского оледенения) позволяет предположить, что *M. rossiaemeridionalis* первая заселила свободную от ледника территорию Днепровско-Донского междуречья, а после таяния льда земли западнее Днепра *M. rossiaemeridionalis* заселяла совместно с полевками *M. arvalis* формы «arvalis», а восточнее Дона – совместно с полевками *M. arvalis* формы «obscurus».

Размещение зоны парapatрии двух форм полевых, наклонно пересекающей широтно расположенные ландшафтные зоны, удалось объяснить историей сельскохозяйственного

освоения земель при становлении нашего государства. GIS-технологии выявили совпадение зоны парapatрии с границами Российского государства в XI и XIII вв. В эти века на востоке Европы земледельцы-славяне не имели выхода к плодородным землям лесостепей и степей среднего и нижнего Поволжья, Подонья и Нижнего Днепра, занятых кочевыми народами. Самые плодородные земли, доступные для распашки, размещались вдоль юго-восточной границы Российского государства. Именно здесь располагались регионы выращивания хлеба на продажу. Обыкновенные полевки охотно заселяли распаханые территории (Тупикова и др., 2000; Хляп, Варшавский, 2010), а расселяться они могли только по территории России, т.е. с запада, где в луговых и других открытых мезофитных биотопах обитали *M. arvalis* формы «arvalis». Инвазии полевок *M. arvalis* формы «obscurus» на пахотные земли Поволжья, видимо, происходили после расширения Российского государства на восток.

Благодарности

Исследования по таксономии и диагностике полевок поддержаны РФФИ 17-04-00065а, по вопросам формирования ареалов и инвазий полевок – по проекту РНФ 16-14-10323.

Литература

- Баскевич М. И., Миронова Т. А., Черепанова Е. В., Кривоногов Д. М. Новые данные по хромосомной изменчивости, распространению видов-двойников и гибридизации 46-хромосомных форм *Microtus arvalis* sensu lato (Rodentia, Arvicolinae) в Верхнем Поволжье // Зоологический журнал. 2016. Т. 95. № 9. С. 1096–1107.
- Баскевич М. И., Окулова Н. М., Потапов С. Г., Миронова Т. А., Сапельников С. Ф., Сапельникова И. И., Егоров С. А., Власов А. А. Новые данные о распространении видов-двойников и гибридизации 46-хромосомных форм *Microtus arvalis* sensu lato (Rodentia, Arvicolinae) в Центральном Черноземье // Зоологический журнал. 2012. Т. 91. № 8. С. 994–1005.
- Булатова Н. Ш., Голенищев Ф. Н., Ковальская Ю. М., Емельянова Л. Г., Быстракова Н. В., Павлова С. В., Наджафова Р. С., Лавренченко Л. А. Цитогенетическое изучение парapatрической зоны контакта двух 46-хромосомных форм обыкновенной полевки в Европейской России // Генетика. 2010. Т. 46. С. 502–508.
- Малыгин В. М. Систематика обыкновенных полевок. М.: Наука, 1983. 208 с.
- Малыгин В. М., Баскевич М. И., Хляп Л. А. Инвазии видов-двойников обыкновенной полевки // Российский журнал биологических инвазий. 2019. № 4. С. 71–93.
- Мейер М. Н. Гибридологический и кариологический методы в изучении систематики обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pall. 1778) // Тезисы докладов научной сессии по итогам работ 1967 г. Л.: ЗИН АН СССР, 1968. С. 5–6.
- Мейер М. Н., Голенищев Ф. Н., Булатова Н. Ш., Артоболевский Г. В. Материалы к распространению двух хромосомных форм обыкновенной полевки (Arvicolinae, *Microtus*) в Европейской России // Зоологический журнал. 1997. Т. 76. № 64. С. 487–493.
- Мейер М. Н., Голенищев Ф. Н., Раджабли С. И., Саблина О. В. Серые полевки фауны России и сопредельных территорий. СПб.: ЗИН РАН, 1996. 319 с.
- Неронов В. М., Хляп Л. А., Тупикова Н. В., Варшавский А. А. Изучение формирования сообществ грызунов на пахотных землях Северной Евразии // Экология. 2001. № 5. С. 355–362.
- Потапов С. Г., Орлов В. Н., Ковальская Ю. М., Малыгин В. М., Рысков А. П. Генетическая дифференциация полевок трибы Arvicolini (Cricetidae, Rodentia) методами таксопринтного анализа и полимеразной цепной реакции со случайными праймерами // Генетика. 1999. Т. 35. № 4. С. 484–492.
- Тупикова Н. В., Хляп Л. А., Варшавский А. А. Грызуны полей Северо-Восточной Палеарктики // Зоологический журнал. 2000. Т. 79. № 4. С. 480–494.
- Хляп Л. А., Варшавский А. А. Синантропные и агрофильные грызуны как чужеродные млекопитающие // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 3. С. 73–91.
- Golenishev F. N., Meyer M. N., Bulatova N. Sh. The hybride zone between two karyomorphs of *Microtus arvalis* (Rodentia, Arvicolidae) // Proc. Zool. Inst. RAS. 2001. V. 289. P. 89–94.

Tougard C., Montuire S., Volobouev V., Marcova E., Contet J., Aniskin V., Quere J.-P. Exploring phylogeography and species limits in the Altai vole (Rodentia: Cricetidae) // Biological Journal of the Linnean Society. 2013. V. 108. P. 434–452.

**ИЗМЕНЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ
ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЮЖНОГО УРАЛА
СО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА**

Мартыненко В. Б.¹, Федоров Н. И.¹,
Жигунова С. Н.¹, Михайленко О. И.², Шендель Г. В.¹

¹Уфимский Институт биологии РАН, Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Уфа, Россия

**CHANGE OF THE DISTRIBUTION OF BROAD-LEAVED TREE SPECIES
IN THE CENTRAL PART OF THE SOUTHERN URALS FROM
THE SECOND HALF OF THE XXTH CENTURY**

Martynenko V. B.¹, Fedorov N. I.²,
Zhigunova S. N.³, Mikhaylenko O. I.⁴, Shendel G. V.⁵

¹Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: [0000-0002-9071-3789](https://orcid.org/0000-0002-9071-3789)

²Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: [0000-0002-0167-7449](https://orcid.org/0000-0002-0167-7449)

³Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: [0000-0002-7129-8292](https://orcid.org/0000-0002-7129-8292)

⁴Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia,
ORCID: [0000-0001-5835-9145](https://orcid.org/0000-0001-5835-9145)

⁵Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: [0000-0001-5870-2978](https://orcid.org/0000-0001-5870-2978)

Corresponding e-mail: vasmar@anrb.ru

Summary: based on the analysis of thematic distribution maps of broad-leaved tree species *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds. in the central part of the Southern Urals, a change in their distribution compared to the 70s of the XX century are analyzed.

Keywords: Climate change, broad-leaved forests, phyto-diversity, Southern Urals

Введение

Прошло сорок лет с опубликования фундаментального труда П. Л. Горчаковского «Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала» (1968), в котором он обобщил результаты двадцатилетних исследований распространения видов *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Huds. на Урале. В дальнейшем эти данные для Южного Урала (ЮУ) были детализированы Г. В. Поповым (1980), который

создал тематические карты распространения древесных видов на основе материалов лесоустройств лесхозов Башкирии, проведенных в начале 70-х годов XX века. Границы широколиственных лесов на ЮУ с 70-х годов прошлого века не изучались, но на примере хвойных и мелколиственных пород было показано, что на распространение древесных видов на Урале оказывает сильное влияние не только лесохозяйственная деятельность, но и изменение климата (Шиятов, 2009; Моисеев и др., 2016; и др.). Цель данного сообщения – анализ изменения распространения широколиственных древесных пород на восточной границе их ареала в центральной части ЮУ с 60–70-х годов XX века.

Материалы и методы

Объект исследования – широколиственные древесные породы (*Tilia cordata*, *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Ulmus glabra*), произрастающие в предгорных и горных широколиственных лесах западного макросклона ЮУ и заходящие в зону распространения сосново-березово-лиственничных лесов в среднегорной части ЮУ. Для анализа распространения этих пород в 70-х годах прошлого века в программе QGIS 2.18 были оцифрованы тематические карты их распространения на территории Республики Башкортостан, созданные Г. В. Поповым (1980). Для характеристики современного распространения использовались оцифрованные материалы лесоустройств Авзянского, Макаровского, и, частично, Гафурийского и Бурзянского лесхозов (53°15' и 54°03' с. ш. 56°40' и 58°00' в. д.). Созданная ГИС-карта современного распространения включает 59 540 полигонов, соответствующих выделам кварталов лесоустройств, для которых в атрибутивную таблицу была добавлена информация из таксационных описаний о долевом участии древесных видов в древостое, их бонитете, возрасте и др. На ее основе были созданы тематические карты современного распространения анализируемых видов.

Результаты и их обсуждение

Анализ тематических ГИС-карт распространения широколиственных древесных видов показал, что восточная граница современного массового распространения широколиственных лесов проходит по системе хребтов Зильмердак – Баштин – Большой Калу. В центральной части ЮУ *T. cordata* имеет наибольшее распространение по сравнению с другими широколиственными видами. Сравнение современного распространения *T. cordata* с его распространением по картографическим данным 70-х годов прошлого века показало, что доминирование липы в древесном ярусе сохранилось на тех же территориях, что и в 70-х годах прошлого века. При этом произошел сдвиг границы распространения этого вида на восток, в том числе на левобережье реки Белая на 10–12 км. Продвижению липы на восток способствуют успешное семенное размножение этого вида под пологом сосново-березовых лесов и выборочные рубки сосны и березы (Давыдычев и др., 2011).

Другие широколиственные древесные породы имеют меньшее распространение, чем *T. cordata*. До начала интенсивной эксплуатации лесов вторым по значимости лесобразующим видом был *Q. robur*. В настоящее время в увалисто-холмистой полосе западного склона ЮУ леса с доминированием дуба сохранились преимущественно на крутых инсолируемых склонах и вершинах увалов. На распространение дуба существенное влияние оказала не только хозяйственная деятельность, но и аномально низкие зимние температуры, продолжавшиеся до конца 70-х годов прошлого века. Согласно данным лесоустройств, в среднегорной части района исследования (Авзянский лесхоз) с 1989 по 2003 год площади лесов с доминированием дуба снизились на 23 %. В целом по Республике Башкортостан с 1966 по 2016 год площади лесов с доминированием дуба уменьшились почти в три раза. Усыхание дуба на западном макросклоне ЮУ и в его среднегорной части привело не только к уменьшению площадей лесов

с доминированием этого вида, но и к его отсутствию в древостое в ряде мест, где он был представлен в начале 70-х годов прошлого века с небольшим участием. Отсутствие с начала 80-х годов сильных морозов привело к частичному восстановлению позиций этого вида и расширению границы в южной части района исследований на восток на 10–15 км, в том числе за счет выхода в первый ярус крупного подроста и деревьев их второго яруса.

Вид *A. platanoides* менее распространен в среднегорной части ЮУ по сравнению с дубом, что связано с его более ранним сезонным развитием и большим повреждением поздними весенними заморозками. В целом площади лесов с доминированием клена на западном макросклоне ЮУ также, как и площади дубняков, сильно уменьшились. Уменьшение площадей лесов с доминированием этого вида после морозных зим в конце 70-х годов произошло преимущественно на восточной границе распространения вида. После прекращения аномально холодных зим наблюдается увеличение участия клена в смешанных древостоях, наиболее заметное на восточной границе ареала вида, где граница его распространения сместилась на восток на 8–10 км. Расширение ареала клена связано с увеличением его плодоношения и его внедрением под полог разреженных перестойных сосново-березовых лесов, а также формированием подроста на вырубках с последующим выходом части подроста в древесный ярус (Жигунова и др., 2013).

Наименьшее распространение среди широколиственных древесных видов на изучаемой территории имеет *U. glabra*. Площади лесов с участием ильма на западном макросклоне ЮУ уменьшились, а восточная граница массового распространения этого вида в средней и северной части анализируемой территории на момент лесоустройства 2003 года сдвинулась на запад на 30–40 км, что явилось следствием не только ослабления деревьев под влиянием морозных зим, но и вспышек численности насекомых-вредителей, обусловивших массовое распространение у ильма «голландской болезни» (графилоза). Тем не менее, ильм встречается достаточно часто в подросте, а в ряде мест, где он отсутствовал в середине XX века, выходит во второй ярус древостоя, в том числе на левобережье реки Белой.

Заключение

Таким образом, восточные границы распространения широколиственных древесных видов в центральной части горно-лесной зоны ЮУ в течение XX века сдвигались на запад после серии экстремально-холодных зим, а в настоящее время в связи с потеплением климата постепенно смещаются на восток. Скорость продвижения на восток липы, дуба и клена будет зависеть от интенсивности потепления климата. Однако влияние потепления климата на широколиственные породы деревьев неоднозначно. Сдвиг начала их вегетации на более ранние сроки увеличивает риск повреждения распускающихся листьев заморозками, что в наибольшей степени будет оказывать влияние на клен. Потепление климата ускоряет темпы роста, плодовитость, зимовочную выживаемость и увеличение численности насекомых-вредителей (Butenschoen, Scheu, 2014), что, например, может провоцировать у ильма и вяза вспышки «голландской болезни».

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № AAAA-A18-118022190060-6.

Литература

Горчаковский П. Л. Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала. Свердловск, 1968. 207 с.

- Давыдычев А. Н., Горичев Ю. П., Кулагин А. Ю., Сулейманов Р. Р. Возобновительные процессы под пологом широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала // Лесоведение. 2011. № 2. С. 51–61.
- Жигунова С. Н., Федоров Н. И., Михайленко О. И. Восстановительные сукцессии на сплошных вырубках сосново-березовых лесов центральной части Южного Урала // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2013. № 3 (146). С. 30–35.
- Моисеев П. А., Шиятов С. Г., Григорьев А. А. Климатогенная динамика древесной растительности на верхнем пределе ее распространения на хребте Большой Таганай за последнее столетие. Екатеринбург, 2016. 136 с.
- Попов Г. В. Леса Башкирии. Уфа, 1980. 114 с.
- Шиятов С. Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 216 с.
- Butenschoen O., Scheu S. Climate change triggers effects of fungal pathogens and insect herbivores on litter decomposition // Acta Oecologica. 2014. V. 60. P. 49–56.

**КАЧЕСТВО ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ДЫМОВЫХ ВЫБРОСОВ АО «КАРАБАШМЕДЬ»**

Махнева С. Г.^{1,2}, Мохначев П. Е.¹

¹*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

²*Российский государственный профессионально-педагогический университет,
Екатеринбург, Россия*

**QUALITY OF SCOTS PINE POLLEN IN THE ZONE
OF SMOKE EMISSIONS OF AO «KARABASHMED»**

Makhniova S. G.^{1,2}, Mokhnachev P. E.¹

¹*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,*

ORCID: [0000-0002-0068-3695](https://orcid.org/0000-0002-0068-3695)

²*Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia,*

Corresponding e-mail: makhniovasg@mail.ru

Summary: a study of the state of Scots pine male generative system revealed its high sensitivity to the action of smoke emissions from copper smelting production. Each pine stand is characterized by its own system of relations of qualitative and quantitative parameters of pollen, trees and environmental conditions.

Keywords: Scots pine, reproduction, pollen, pollen fertility, pollen tube, Karabash, industrial pollution

Сосна обыкновенная, являясь видом-эврибионтом, способна расти в широком диапазоне условий среды (температуры, влажности, высокогорья, почв), в том числе при техногенном загрязнении. Сосновые древостой, произрастая в течение многих десятилетий в условиях хронического действия дымовых выбросов промышленных предприятий, в окрестностях промышленных центров, вдоль автотрасс, выполняют важные экологические функции. Способны ли они к возобновлению? Каков репродуктивный потенциал таких древостоев? Каким будет следующее поколение? Для ответов на эти вопросы требуется изучение процесса репродукции и состояния генеративной системы лесообразующих пород. Целью данного исследования было изучение качества зрелой пыльцы сосны обыкновенной, произрастающей в условиях техногенного загрязнения среды дымовыми выбросами АО «Карабашмедь» (г. Карабаш Челябинской области).

Район г. Карабаша отнесен Б. П. Колесниковым к Восточно-Уральской провинции предгорных сосново-березовых лесов в составе Уральской горно-лесной области (Колесников, 1961). Почвы разнообразны; характеризуются сильной каменистостью и невысокой мощностью профиля. Медеплавильное производство функционирует на исследуемых территориях с 1837 г., когда начал работу Соймоновский медеплавильный завод. В 1910 г. был запущен Карабашский медеплавильный завод, преемником которого фактически является ныне работающее предприятие АО «Карабашмедь». Используемые на заводе технологии и оборудование за многие десятилетия его работы принципиально не изменялись и по-прежнему не отвечают технологическим, экологическим, санитарно-гигиеническим требованиям. Объем выбросов

загрязняющих веществ за период с 1907 года по 2004 год составил 14 млн тонн (Стародубцев, Елохин, 2015).

За время работы завода на окрестных территориях сформировались зоны техногенного загрязнения. На многих из них лесная и травянистая растительность полностью отсутствуют. Нарушение структуры почвенного покрова, высокий уровень его техногенного загрязнения препятствовали восстановлению растительности даже во время снижения объемов производства и временной остановки предприятия в 90-х годах прошлого века.

Исследования мужской генеративной системы сосны обыкновенной проводили в древостоях сосны обыкновенной 2–3 классов возраста на пробных площадях (ПП) в юго-восточном и восточном направлениях от завода на расстоянии 4 км (ПП 28), 8 км (ПП 11-2), 13 км (ПП 21), 19 км (ПП 20).

Качество пыльцы сосны определяли на основании изучения ее морфологических и физиологических параметров. Пыльцу собирали и исследовали отдельно для каждого модельного дерева. Определяли фертильность и спектр аномалий пыльцы (%), содержание запасных веществ в пыльце (балл), прорастание пыльцы на искусственной среде (%), длину пыльцевой трубки (мкм), фиксировали наличие нарушений в развитии пыльцевой трубки (вздутия, ветвление) (Паушева, 1988, Махнева и др., 2003).

Уровень воздействия техногенного загрязнения на экосистемы оценивали по состоянию растительности и степени загрязнения снегового покрова (Руководство..., 1991). Санитарное состояние древостоев определяли по степени дефолиации, которая составляла 25–95 % у деревьев на ПП 28, 20–50 % на ПП 11, 5–25 % на ПП 21 и ПП 20. На удалении 1.2 км от источника аэрополлютантов уровень техногенного загрязнения был определен как экстремально высокий (содержание веществ в снеговой воде составляло 25.46 г/м², растительность практически отсутствует). Уровень воздействия загрязнения на ПП 28 по совокупности показателей загрязнения был определен как сильный, ПП 11 – средний, ПП 21 – слабый, ПП 20 – фоновый. Результаты эмпирических исследований пыльцы обрабатывали методами дескриптивной статистики, корреляционным и дискриминантным методами.

В условиях сильного уровня техногенного загрязнения важным диагностическим показателем, характеризующим состояние мужской генеративной системы сосны обыкновенной, является показатель доли деревьев, формирующих мужские стробилы. Данный показатель тесно коррелирует с показателем дефолиации в определенном диапазоне его значений: на деревьях с дефолиацией 50 % и более число мужских стробил крайне мало или они отсутствуют.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что каждый исследуемый древостой сосны характеризуется собственной, сложившейся под действием совокупности внешних и внутренних факторов, системой связей показателей мужской генеративной системы. Так, для зрелой пыльцы ПП 28 выявлены достоверно более высокие значения показателей фертильности пыльцы, содержания в пыльце липидов и крахмала, длины пыльцевой трубки и ее жизнеспособности ($p < 0.05$), по сравнению с другими ПП из менее загрязненных территорий. Для пыльцы данного древостоя следует отметить достоверно более низкие значения показателя прорастания на искусственной среде, высокую частоту пыльцевых трубок с аномалиями развития, а также высокую частоту диад в спектре аномалий пыльцы (результат нарушений микроспорогенеза).

Зрелая пыльца ПП 11-2 характеризуется достоверно более высокими, по сравнению с ПП 20 и ПП 21, значениями показателей фертильности и прорастания пыльцы ($p < 0.05$), длины

пыльцевой трубки, жизнеспособности пыльцевой трубки при высокой частоте аномалий их развития.

Выявлены различия между древостоями из зоны слабого аэротехногенного загрязнения и фоновых условий. Так, пыльца ПП 21 характеризуется более низкими значениями фертильности и прорастания на искусственной среде и большей длиной пыльцевой трубки при достоверно более высоком уровне накопления крахмала в зрелой пыльце, по сравнению с пыльцой ПП 20. Следует отметить также достоверно значимые различия между указанными ПП по спектру аномалий пыльцы: на ПП 21 формируется больше пыльцы мелкой недоразвитой и дегенерированной, тогда как на ПП 20 выше частота пыльцы с аномалиями воздушных мешков и диад.

Результаты дискриминантного анализа указывают на наличие статистически значимых различий ($p < 0.05$) по комплексу показателей мужской генеративной системы между древостоями из зон техногенного загрязнения и фоновых условий, а также между древостоями из зон среднего и слабого уровней техногенного загрязнения. Процессы элиминации из древостоя части неустойчивых к условиям произрастания генотипов сосны либо неразвития на них мужских шишек являются, вероятно, механизмами, освобождающими насаждение ПП 28 от аномальных и неадаптивных гаплотипов, что отражается в конечном итоге на качестве зрелой пыльцы, формирующейся в этих условиях.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о высокой чувствительности мужской генеративной системы сосны обыкновенной даже к слабому уровню техногенного загрязнения в зоне действия дымовых выбросов АО «Карабашмедь».

Каждый исследуемый древостой сосны характеризуется собственной, сложившейся под действием совокупности факторов, системой связей показателей мужской генеративной, которая может быть изучена с помощью методов многомерного статистического анализа.

Лучшими диагностическими свойствами состояния мужской генеративной системы характеризуются показатели прорастания пыльцы и длины пыльцевых трубок, которые отражают функциональный потенциал морфологически и физиологически полноценной зрелой пыльцы сосны.

Объективная оценка состояния мужской генеративной системы сосны, произрастающей в условиях многолетнего продолжающегося техногенного загрязнения среды, требует учета качественных и количественных параметров древостоя, условий почвенного питания, а также возможность элиминации из насаждения аномальных и неадаптивных форм сосны.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ФНИ государственных академий наук.

Литература

- Колесников Б. П. Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области // Тр. Ин-т биологии УФАН СССР. 1961. Вып. 26. С. 3–44.
- Махнева С. Г., Бабушкина Л. Г., Зуева Г. В. Состояние мужской генеративной сферы сосны обыкновенной при техногенном загрязнении среды. Екатеринбург: УГЛТА: Изд-во Урал. ун-та, 2003. 154 с.
- Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с.
- Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД52.04.186-89. М., 1991.
- Стародубцев И. А., Елохин А. П. К вопросу об использовании автоматизированных систем контроля экологической обстановки на территориях, прилегающих к предприятиям черной, цветной металлургической и атомной промышленности // Глобальная ядерная безопасность. 2015. № 4 (17). С. 15–34.

L. – РАЗВИТИЕ ИДЕЙ CRIS НА БАЗЕ GEOSERVICES

Мелехин А.¹, Федоров Р.²

¹*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина
Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия*

²*Институт динамики систем и теории управления им. В. М. Матросова СО РАН,
Иркутск, Россия*

L. – DEVELOPMENT OF CRIS IDEAS ON THE BASIS OF THE GEOSERVICES

Melechin A.¹, Fedorov R.²

¹*Polar Alpine Botanical Garden and Institute of the Kola Science Centre of the RAS, Apatity, Russia*

²*Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of SB RAS, Irkutsk, Russia*

Corresponding e-mail: melihen@yandex.ru

Summary: information System (IS) “L.” (<https://isling.org>) is a tool for entering, storing, organizing and analyzing data from various sources (observations, sample collections, literature, etc.), different types (text, images, DNA data, etc.) for all groups of living organisms. L.’s goal is to give to any researcher tool for a full cycle of working with data. Historically, L. is the result of the transition of CRIS IP to a new technical platform (from Drupal to Geoservices (<https://gitlab.com/fromul/geoservices> master branch)). However, in the development process of IP L. has already significantly moved away from CRIS in its structure and capabilities, which are briefly discussed below.

Keywords: biodata, complex system

Введение

Информационная система (ИС) «L.» (<https://isling.org>) – это инструмент для внесения, хранения, организации и анализа данных из разных источников (наблюдения, образцы коллекций, литература и т.п.), разного типа (текст, изображения, данные по ДНК и т.п.) по всем группам живых организмов. Целью L. является обеспечение любого исследователя инструментарием полного цикла работы с данными – от работы в коллекциях до организации и анализа. На сегодня (02.2020) выполнены практически все критичные задачи по реализации и тестированию ИС. Перенос данных и перевод пользователей CRIS на L. запланирован на осень 2020 года. Исходный код проекта выложен на Gitlab (<https://gitlab.com/fromul/geoservices> dev branch) под лицензией MIT. В процессе разработки ИС L. значительно отделилась от CRIS по своей структуре и возможностям, которые кратко обсуждены ниже. Перед обсуждением отличий, стоит упомянуть «старые» возможности: открытость данных, наличие истории образцов, акцентирование на работе с (многовидовыми) образцами коллекций.

Результаты и их обсуждение

Краткое техническое описание. Информационная система для сбора, организации и анализа данных по всем группам живых организмов, с одной стороны, должна позволять собирать данные в единообразном виде и обеспечивать применение различных методов обработки и анализа, а с другой стороны, учитывать специфику работы исследователей, которые

кроме стандартного набора данных хотели бы собирать дополнительную информацию. Необходимость обработки и анализа обосновывает применение реляционных баз данных из-за достаточно мощного языка запросов и наличия готовых методов обработки и анализа. Информационная система должна реализовывать ввод стандартного набора атрибутов, который можно расширить без дополнительно программирования. Поэтому сбор, отображение данных в системы базируется на модели таблицы, задаваемой пользователем, которая определяет структуру таблиц, формы ввода и отображения. В системе для хранения данных используется СУБД PostgreSQL, в которой реализован механизм наследования таблиц. Этот механизм позволяет в общей таблице определить стандартный набор атрибутов, а в дочерних добавить специфичные атрибуты исследователей. Соответственно, при вводе данных в дочерних таблицах, данные в общей таблице также отображаются. Таким образом, применение механизма наследования таблиц и реализация наследования моделей таблиц позволяет учитывать специфику работы исследователей. Отображение данных на карте производится на основе MapServer.

Гибкость. Еще на этапах анализа и проектирования мы отказались от множества разделов по группам. Это решение дает не только значительную групповую масштабируемость – подключение биологической группы или группы пользователей со специфическими запросами – одну ИС значительно проще администрировать, чем несколько на каждую группу.

Решена задача локального номера коллекции, представляющего независимые автоинкрементные последовательности для каждой коллекции. Для коллекции, не использующей локальный номер (или при внесении данных по образцам коллекции, не использующей L.) предлагается LID – уникальный сквозной внутри L. идентификатор образцов.

Большое внимание в L. уделено персонализации форм и представлений образцов. Для каждой исследовательской группы экранная форма образца (и его представление как отдельного образца, так и в списке образцов или видов) может выглядеть по-разному – дополнительные поля можно добавлять как к образцу в целом, так и к видам в образце.

Появилась возможность внесения в один образец видов организмов из любой биологической группы – образец может содержать, например, мхи, лишайники, все симбионты лишайников, паразиты лишайников, бактерии которыми больны паразиты лишайников, вирусы, поразившие этих бактерий и т.п. – и все эти организмы можно учитывать из этого образца в соответствующих групповых анализах.

Ограничения. В L. нельзя внести вид, отсутствующий в списке видов – такой вид может добавить только модератор группы. Опыт CRIS показал, что возможность ввода новых видов любым пользователем ведет к быстрому замусориванию биологической таксономии, с которым очень трудно бороться.

Виды в списке таксонов нельзя объединить – можно только свести в синоним – это защищает от необратимых слияний видов, исправить которые очень трудно. Очевидные, подтвержденные кураторами групп ошибочные таксоны удаляются только администратором.

Вывод данных и анализ. В отличие от CRIS в L. появилась хорошая встроенная картография с возможностью географического анализа миллионов местонахождений. Географический фильтр можно заполнять как вручную (рисованием полигона в карте), так и выбором имеющегося файла KML.

Также, как было уже отмечено, появилась возможность поиска и включения в списки (в анализы) видов из «своей» биологической группы, хранящихся в «чужих» (по биологической группе) образцах.

Помимо обычных вывода списка видов, списка образцов, печати этикеток (персонализированной для каждой коллекции) возможен экспорт данных в форматах KML и CSV. Также возможна организация долговременных выборок-подпроектов, представляющих собой списки видов по определенной территории или таксономической группе или ограниченными группой различных фильтров.

ИС L. способна обслуживать тематические подпроекты без необходимости переноса собранных данных в «специально сделанные для этого сайты». Например, ведение Красной книги страны или региона организуется всего лишь созданием постоянной выборки с фильтром по региону и отношению видов к охраняемым. Аналогично решаются вопросы флор и фаун.

Удобства. При внесении образца, старые синонимы автоматически заменяются на текущие.

Возможен ввод координат в любом формате (с встроенной проверкой, не позволяющей внести некорректные координаты) или можно указать точку на карте мышью.

Возможность прикрепления ссылок на другие (связанные) образцы или на литературу к любому образцу.

Возможность выбора лицензии для фотографий.

Свободная автоматическая регистрация: для вхождения в определенную исследовательскую группу права пользователей повышаются администратором, но вносить стандартные образцы может любой зарегистрировавшийся.

Прикрепление det.name к виду в образце: у каждого вида в образце может быть свой автор определения (переопределения – в истории образца).

Автозаполнение вида хранения (store species – вид, «по которому» образец лежит в коллекции): store species заполняется первым видом из списка видов в образце и может быть внесен вручную при необходимости (например, если хранится по старой системе).

Связанность дочерних и материнских образцов. Например, можно узнать о переопределении материнского образца со страницы дублета (и наоборот).

Массовая правка образцов, отобранных по к.л. критерию. Например, массовое заполнение пустых координат для образцов из одного места.

Заключение

Итогом работ над проектом стала ИС, всеядная по отношению как к биологическим группам (в т.ч. на уровне одного образца), так и к группам исследователей. Большие возможности персонализации ИС L. обусловлены выбором технической основы и проектированием.

Построение систем подобной функциональности и сложности в локальном варианте нерационально.

ИС L. может быть использована как национальная или интернациональная среда полного цикла работы с биологическими данными.

Обслуживание и развитие такой комплексной ИС не только рациональнее, но и намного дешевле, чем разработка сотен «локальных БД» и «национальных агрегаторов».

Списки флор и фаун, получаемых в ИС L., строго научны, они тщательно модерируются кураторами и основаны на образцах коллекций и публикациях. В отличие от статических публикаций, такие списки не только динамичны, но и всегда имеют существующие связи приводимых видов с первичными данными.

Благодарности

Поддержка: РФФИ 12-04-3150, 15-29-02662, 18-05-60125.

БАЗА ДАННЫХ «ФЛОРА УРАЛА»

Мельников Д. Г.¹, Сластунов Д. Д.²

¹ Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,
Санкт-Петербург, Россия

DATABASE «FLORA OF THE URALS»

Melnikov D. G.¹, Slastunov D. D.²

¹ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia,

ORCID: [0000-0002-9622-2737](https://orcid.org/0000-0002-9622-2737)

² Saint-Petersburg State Forestry University, Saint-Petersburg, Russia,

ORCID: [0000-0002-8933-057X](https://orcid.org/0000-0002-8933-057X)

Corresponding e-mail: DMelnikov@binran.ru

Summary: a specialized database for the establishment and maintenance of regional «Floras» has been reported. Its structure and functionality are briefly described. Its fields are fully compatible with the Darwin Core standard.

Keywords: Darwin Core, database, flora, Russia, Ural

В современном мире, когда стремительными темпами нарастают массивы информации, уже нет места для ученых-одиночек, какими бы энциклопедическими знаниями они ни обладали. Освоить и переработать эти массивы возможно лишь с применением системного подхода к структурированию и анализу данных и машинной автоматизации. В связи с этим во всем мире начали бурно развиваться компьютерные (онлайн и офлайн) базы данных, которые имеют четкую логическую структуру и строятся из взаимосвязанных блоков информации. При этом компьютерные базы данных позволяют не просто быстро находить требуемую информацию, но и проводить ее анализ, выявлять скрытые закономерности. Немаловажной является и наметившаяся тенденция к глобализации информации – только структурированная в электронном виде научная информация может составить глобальный банк данных о мировом биоразнообразии, работа исключительно с печатными источниками уже неприемлема.

Флора России и отдельных ее территорий всё еще остается малоизвестна мировому научному сообществу. Тем не менее к настоящему времени уже накоплены достаточно большие массивы информации о биологических характеристиках видов и об их распространении. Обширным природным выделом на постсоветском пространстве является Урал с прилегающими территориями. Эта территория включает всю водосборную поверхность, начинающуюся на вершинах Урала и заканчивающуюся руслами крупных рек и морями, она расположена на территории двух государств: России и Казахстана. Эта территория (порядка 2.67 млн км²) сравнима с территорией Западной (1.5 млн км²) и Центральной Европы (3.45 млн км²), т.е. очень обширна. Уральская флора в таких границах никогда не была предметом исследования. Конечная цель, которую мы преследуем – создание современной,

полной сводки о флоре сосудистых растений Урала и прилегающих территорий и публикация этой сводки в открытом доступе в сети Интернет с предоставлением возможности ручного и автоматизированного анализа. Флору этой территории изучают давно, и накопился обширный пласт фактических данных, которые требуется свести воедино. Это и многочисленные публикации о флористических находках, списки флор отдельных территорий, систематические заметки, гербарные материалы, наблюдения за растениями в природе. Таким образом, чтобы достичь поставленной цели – создание «Флоры Урала» в разумные кратчайшие сроки – без разработки и ведения базы данных, которая аккумулировала бы накопленные сведения, не обойтись.

Учитывая опыт предыдущих поколений, когда создавались региональные «Флоры», нужно отметить, что было много дублирующих действий, которые растягивали сроки работы и вносили искажения в конечный результат. Создатели «Флор» волей-неволей осознавали необходимость создания своих картотек, тетрадных записей, использования справочных пособий. По сути, они стремились оптимизировать повторяющиеся действия и свою работу. Создание и ведение компьютерной базы данных, в первую очередь ее онлайн-версии, очень сильно ускоряет формирование той фактической основы, которая нужна для будущего издания, на редактирование которого затрачивается значительно меньше времени. При достаточно глубокой проработке структуры базы данных (в соответствии с потребностями «Флор») можно добиться результата, который потребует минимального редактирования.

База данных, на основе которой можно собирать информацию для «Флор», разработана коллективом Гербария Ботанического института РАН (программист Д. Д. Сластунов) и размещена на домене *herbariumle.ru* (<http://herbariumle.ru/>). Большое преимущество этой базы данных в том, что она доступна для просмотра и редактирования из любой точки мира, где есть доступ к сети Интернет. Как уже упоминалось выше, в базе данных предусмотрены три типа исходных данных: гербарные образцы, цитаты из литературных источников и наблюдения в природе. Информация о каждом типе данных представляет собой отдельный раздел в базе данных. Кроме того, в базу данных добавлены необходимые справочники, стандартизированные по международным базам данных: таксономическое дерево, включающее указания синонимических и иерархических отношений, административные регионы и персоналии. Имеется возможность вручную вносить изменения и дополнения, которые необходимы для конкретного проекта. Имеются дополнительные служебные разделы, облегчающие систематизацию данных: разделы коллекции и группы образцов, неперiodические издания, периодические издания, ботанико-географические регионы, топонимы, экспедиции.

Поля представляемой базы данных основаны на современном стандарте Darwin Core и даже в некоторой степени расширяют его, что позволяет экспортировать свои данные в совместимые международные базы данных, например, в такой агрегатор, как GBIF. Кроме того, база данных позволяет производить выгрузку данных в файл в требуемой конфигурации, формировать отчеты и осуществлять анализ данных, например, вывести таксономическое дерево по определенному таксону, поисковому фильтру или по всей коллекции, а также проследить динамику пополнения коллекции.

База данных позволяет загружать также и медиафайлы: фотографии растений в природе, сканы гербарных образцов и PDF публикаций, что делает ее полезным инструментом в работе ботаника. Доступна и работа с геоданными. На любой элемент любого раздела данных можно скопировать постоянную ссылку, кроме того, пользователи могут отправлять обратную связь по любому такому элементу. Одним из немаловажных преимуществ в практической работе с базой является наличие мгновенного поиска.

Таким образом, база данных Гербария высших растений БИН РАН (<http://herbariumle.ru/>) является многофункциональным инструментом для решения многих задач флористики, географии растений и гербарного дела, отвечающим высоким требованиям современных технологий, а также запросам специалистов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме АААА-А19-119031290052-1 «Сосудистые растения Евразии: систематика, флора, растительные ресурсы» и гранта РФФИ 20-011-42010.

**СОЗДАНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА
ПОПУЛЯЦИОННЫХ КУЛЬТУР КАК МЕТОД АНАЛИЗА
БИОРАЗНООБРАЗИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО ГЕНОФОНДА**

Мигалина С. В.^{1,2}, Иванова Л. А.^{1,2}, Махнев А. К.¹

¹*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

²*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

**CREATION, STUDY AND INFORMATION SUPPORT
OF POPULATION CULTURES AS A METHOD OF ANALYSIS
AND CONSERVING OF FOREST GENETIC DIVERSITY
IN THE CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATE CHANGES**

Migalina S. V.^{1,2}, Ivanova L. A.^{1,2}, Makhnev A. K.¹

¹*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia*

²*Tyumen State University, Tyumen, Russia*

Corresponding e-mail: Fterry@mail.ru

Summary: leaf parameters of two species of the *Betula* genus were studied in half-sib geographical cultures and maternal populations. It was shown that climate depending changes in leaf parameters are genetically determined. The conclusion is drawn that population cultures may be used as an effective method of analysis and conserving of forest genetic diversity.

Keywords: population cultures, *Betula*, forest genetic diversity conserving, climate change

В настоящее время биоразнообразие рассматривается как основной параметр, обеспечивающий устойчивое функционирование экосистем и биосферы в целом. В рамках Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России разработка методов анализа биологического разнообразия и его сохранения является одной из фундаментальных проблем современной экологии (Закон РФ № 2254..., 1996). Важную роль в решении проблемы сохранения биоразнообразия играет сбор и хранение информации о реакции видов на изменения среды обитания, организация данных об их генетических и физиологических свойствах. В связи с процессами глобальной деградации лесов и сокращения лесных площадей все более актуальной становится проблема сохранения лесных генетических ресурсов.

Одним из основных методов оценки генетического разнообразия и сохранения лесного генофонда является создание географических и популяционных культур лесообразующих видов (Махнев, Махнева, 2011). Популяционные и географические культуры, заложенные в условиях климатического оптимума видов, являются также хорошим методом изучения реакций «генотип – среда», микроэволюционных процессов, протекающих в условиях глобальных изменений климата. Работы по созданию географических и популяционных культур в нашей стране начались в 60-х годах XX века. Были проведены многочисленные эксперименты по анализу влияния географического происхождения семян на состояние и рост культур *Pinus sylvestris* L. (Правдин, 1961), *Larix sibirica* L. (Надеждин, 1971; Ирошников, 1977).

В настоящее время возникла острая необходимость в организации хранения и обеспечении доступа к многочисленным экспериментальным данным по созданию и испытанию популяционных культур.

В 1971–1977 гг. на Среднем Урале были созданы полусибсовы культуры видов *Betula L.*, моделирующие широтные и долготные ряды популяций от северного до южного и от западного до восточного пределов распространения, а также лесотипологические и высотные ряды ценопопуляций. Исследования, проведенные ранее в данных культурах, показали, что биологические свойства семян, ростовые процессы и продукционные параметры берез генетически закреплены и связаны с адаптацией к климатическим условиям произрастания (Махнев, Махнева, 2011). В связи с этим сохранение информации о наиболее важных показателях берез из разных популяций является необходимой основой для дальнейшего изучения и использования популяционных культур.

Важное значение имеет также поиск других параметров, которые могут служить индикаторами адаптации видов к климату. Поскольку основным процессом, обеспечивающим рост и продуктивность растений, является фотосинтез, нами были проведены исследования параметров фотосинтетического аппарата в модельных популяциях *Betula pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh., представляющих в культурах широтный ряд от степи до лесотундры, а также в природных материнских популяциях соответствующего географического происхождения.

Полученные результаты показали, что направления изменения морфологических параметров в широтном ряду популяций берез зависели от экологических и функциональных свойств видов (Мигалина и др., 2009, 2010). При этом межвидовые различия и закономерности климатозависимых изменений листовых параметров сохранялись в потомстве, что свидетельствует о высокой степени генетического контроля над морфологией листа.

Изменения структуры мезофилла листа в зависимости от климатических условий, обнаруженные нами в природных популяциях, также воспроизводились в географических полусибсовых культурах (Мигалина и др., 2014). Так, в естественных популяциях с увеличением широты произрастания происходило изменение структуры мезофилла, проявляющееся в линейном 1.5–2-кратном увеличении объемов клеток, изменение сохранялось в модельных популяциях соответствующих географических происхождений. Параметры мезофилла, связанные с размерами клеток, также изменялись в зависимости от климата: в северных популяциях у двух видов значительно увеличивались количество хлоропластов в клетках и уменьшалось отношение поверхности к объему клеток и тканей мезофилла (Мигалина и др., 2014). Все эти изменения сохранялись в культурах, что свидетельствует о генетической детерминированности ключевых параметров мезофилла, связанных с регуляцией фотосинтетической функции в ответ на изменение среды.

Таким образом, полученные результаты убедительно доказывают, что создание популяционных культур является эффективным методом анализа биоразнообразия древесных растений и сохранения лесного генофонда в условиях глобальных климатических изменений. В этой связи актуальной задачей является сбор и систематизация имеющейся информации, а также создание базы данных по географическим и популяционным культурам древесных видов на территории России с использованием современных информационных технологий.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта № АААА-А17-117072810011-1, поддержанного Российским федеральным бюджетом.

Литература

- Закон Российской Федерации № 2254 «Конвенция о биологическом разнообразии» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 19. С. 4742–4764.
- Ирошников А. И. Географические культуры хвойных в Южной Сибири // Географические культуры и плантации хвойных в Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. С. 64–110.
- Надеждин А. В. Влияние географического происхождения семян лиственницы на ее рост в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1971. 129 с.
- Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная: изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 190 с.
- Makhnev A. K., Makhneva O. V. Trials of Different Provenances of White Birches (Section *Albae*) in Population Cultures in the Middle Urals // Russian Journal of Ecology. 2011. V. 42. № 2. P. 93–97. DOI: [10.1134/S106741361102007X](https://doi.org/10.1134/S106741361102007X)
- Migalina S. V., Ivanova L. A., Makhnev A. K. Changes of leaf morphology in *Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh. along a zonal-climatic transect in the Urals and Western Siberia // Russian Journal of Ecology. 2010. V. 41. № 4. P. 293–301. DOI: [10.1134/S106741361004003X](https://doi.org/10.1134/S106741361004003X)
- Migalina S. V., Ivanova L. A., Makhnev A. K. Genetically determined volume of mesophyll cells of birch leaves as an adaptation of the photosynthetic apparatus to climate // Doklady Biological Sciences. 2014. V. 459. № 1. P. 354–357. DOI: [10.1134/S0012496614060106](https://doi.org/10.1134/S0012496614060106)
- Migalina S. V., Ivanova L. A., Makhnev A. K. Size of the leaf as a marker of birch productivity at a distance from the climatic optimum // Russian Journal of Plant Physiology. 2009. V. 56. № 6. P. 858–862. DOI: [10.1134/S102144370906017X](https://doi.org/10.1134/S102144370906017X)

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС
ДЛЯ АНАЛИЗА РЕГИОНАЛЬНОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ:
ЖУКИ-ЛИСТОЕДЫ (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE)
ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Михайлов Ю. Е., Шевелина И. В., Колесникова В. А.

*Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия*

**EXPERIENCE OF USING GIS FOR ANALYSIS
OF REGIONAL BIODIVERSITY: LEAF BEETLES
(COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE) OF CHELYABINSK REGION**

Mikhailov Yu. E.¹, Shevelina I. V.², Kolesnikova V. A.²

*¹Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0003-3467-0654](https://orcid.org/0000-0003-3467-0654)*

²Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia

Corresponding e-mail: yum_66@mail.ru

Summary: there were some attempts to compose species lists of leaf beetles (Coleoptera, Chrysomelidae) for the South Urals although not successful. Separate annotated list of leaf beetles for Chelyabinsk region as a subject of Russian Federation is absent. The same is true for the neighboring areas, Sverdlovsk region, Perm region and Republic of Bashkortostan. The choice of Chelyabinsk region is supported by its relatively small area (87 900 km²) with large variety of natural conditions and biogeographic borders of various ranks (Euro-Asian border, zonobiomes and their subdivisions, natural districts). The s of the territory is occupied by forest-steppe and steppe zones, the rest j in the North-West is a part of the Ural Mountains. We analyzed all available species lists and collections and composed integrated species list in Excel electronic tables. Further visualization in MapInfo software helped to make three directions of research: 1. To compare indices of biodiversity of local faunas (taxocenes) of zonobiomes and their subdivisions; 2. Compose the maps of findings of exact species, especially rare species; 3. Compare biodiversity data for all of 27 districts and 16 municipalities with the data of respective natural district. This gives the opportunity to find the insufficiently surveyed parts of the region and effectively plan further collecting efforts during field season.

Keywords: Chelyabinsk region, leaf beetles, species list, natural zonation, distribution maps

В известной работе «Насекомые Урала» (Колосов, 1936) утверждалось, что «Урал населяют до 100 видов листоедов» и был сделан вывод о невыразительности энтомофауны, которая представляет лишь меридиональный срез евро-сибирской. Противоположный взгляд был высказан в том же году в работе В. Ю. Фридолина (1936), который считал, что за счет реликтовых видов фауна Урала (в первую очередь Северного) богаче и разнообразнее, чем на окружающих равнинах. Таким образом, еще в 1936 г. были продемонстрированы два возможных направления в изучении биоразнообразия Урала: либо составление максимально полных видовых списков, либо изучение наиболее характерных элементов фауны, эндемичных и реликтовых форм. В данном случае нас интересует, как продвинулось с тех пор первое направление.

Систематическое изучение листоедов Урала было начато екатеринбургским энтомологом Ю. М. Колосовым, который с 1914 г. по 1927 г. составлял и дополнял их списки в своих «Материалах к познанию энтомофауны Урала». Обзор этих работ уже давался ранее (Михайлов, 1997). К сожалению, после гибели Ю. М. Колосова в 1937 г. составлением списков конкретных семейств жесткокрылых, за редким исключением, никто не занимался. В последние десятилетия списки насекомых, включающие и жуков-листоедов, составлялись в основном на особо охраняемых территориях. В Челябинской области это Ильменский заповедник (Лагунов, Новоженев, 1996; Чашина, 2002), заповедник «Аркаим» (Михайлов, 1999) и заказник «Троицкий» (Есюнин, Козьминых, 1992).

Хотя для Южного Урала попытки составлять списки листоедов предпринимались даже два раза (Гуськова, 2002; Gus'kova, 2010), их трудно назвать удачными. Южный Урал не является отдаленным и труднодоступным регионом России, и публиковать по нему в XXI в. видовые списки на основе явно ограниченного и неполного материала некорректно. Кроме того, никак не учитывалось большое разнообразие природных условий региона и сложное природное районирование.

Строго говоря, для Челябинской области как субъекта РФ аннотированного списка жуков-листоедов до сих пор нет, как нет их и для ряда соседних субъектов – Свердловской области, Пермского края, Республики Башкортостан. Такая ситуация требует целенаправленной работы для устранения пробелов в каталогизации биоразнообразия на национальном (фауны и флоры России) и международном уровне (например, каталог жесткокрылых Палеарктики). Однако желающих составлять примитивные списки по образу и подобию уже существующих в современных условиях все меньше и меньше, ведь уровень результирующих публикаций заведомо низок. Придать дальнейший импульс подобной работе поможет использование ГИС-технологий даже в ограниченном масштабе.

Выбрать Челябинскую область в качестве модельного региона для составления списка регионального биоразнообразия избранной группы животных, в данном случае жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae), с использованием ГИС-технологий мы решили по ряду причин. При относительно небольшой площади (87 900 км²) Челябинская область отличается большим разнообразием природных условий, а ее природное районирование (Куликов, 2005) показывает наличие границ разного ранга (граница Европы и Азии, зональных биомов, физико-географических стран и районов и т.д.), которые необходимо учитывать. Так, более трех четвертей области занимают лесостепная зона с двумя подзонами (4 района в Зауралье и Западно-Сибирской равнине и 1 район в Предуралье) и степная зона (3 района). Только северо-западная часть области относится к Уральской равнинно-горной стране, которая здесь полностью расположена в пределах лесной зоны и разделяется на 7 природных районов (Куликов, 2005). Та часть области, которая относится к наиболее возвышенной части Уральской равнинно-горной страны, в последние годы активно изучалась в рамках международной программы GLORIA, и на хребтах Таганай, Нургуш и массиве Ирмель нами был собран большой материал по листоедам (Михайлов, Ермаков, 2016; Михайлов, 2018).

За основу мы взяли уже имеющиеся видовые списки ООПТ, а также обширные многолетние коллекционные сборы из различных точек Челябинской области А. В. Лагунова и Ю. Е. Михайлова. Были также изучены коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург), Зоологического музея МГУ (Москва), Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск); Музея Института экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург). Для дальнейшей работы список был переведен в форму – таблицу Excel. Эта таблица в отличие от простого списка может постоянно дополняться и корректироваться.

Традиционный аннотированный список с точки зрения анализа бета-разнообразия и распределения видов по выделам разного ранга можно анализировать только вручную. Дополнительно все равно приходится переводить исходные данные в форму, более пригодную для анализа. Электронные таблицы и векторная карта MapInfo дают хорошую возможность для анализа по нескольким направлениям:

1. Сравнение показателей альфа-и бета-разнообразия фаун (таксоценов) природных зон, подзон и районов;
2. Составление карт находок конкретных видов, в первую очередь редких видов из списка, а при необходимости всех видов конкретного рода или подсемейства. Это позволяет интегрировать данную работу с работой по ведению региональной Красной книги;
3. Сравнение показателей биоразнообразия для всех 27-и муниципальных районов и 16-и городских округов с данными по соответствующему природному району или подзоне позволяет выяснить, какие части территории остались недостаточно обследованными. Это позволяет более рационально планировать будущие полевые исследования.

Результаты работы по указанным направлениям подробно проиллюстрированы в докладе. Опыт составления и визуализации списка по Челябинской области в дальнейшем будет применен к соседним субъектам, например Республике Башкортостан и Свердловской области. В перспективе можно будет подробно анализировать показатели биоразнообразия природных районов находящихся на территории нескольких субъектов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность к.б.н. А. В. Лагунову (Миасс) и директору Музея ИЭРиЖ УрО РАН к.б.н. Н. Г. Ерохину за возможность работы с коллекциями. Полевые работы 2015–2016 гг. были поддержаны РФФИ (проект № 15-05-05549).

Литература

- Гуськова Е. В. Эколого-фаунистический обзор листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Южного Урала // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Серия 10: Экология. Валеология. Педагогическая психология. 2002. № 3(10). С. 7–60.
- Есюнин С. Л., Козьминых В. О. Материалы к фауне жесткокрылых заказника «Троицкий» // Членистоногие охраняемых территорий Челябинской области: инф. материалы. Свердловск: УрО АН СССР. С. 59–67.
- Колосов Ю. М. Насекомые Урала // Природа Урала: сб. статей. Свердловск: Свердл. обл. изд-во, 1936. С. 242–243.
- Куликов П. В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург; Миасс: Геотур, 2005. 537 с.
- Лагунов А. В., Новоженев Ю. И. Фауна жесткокрылых Ильменского заповедника. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1996. 105 с.
- Михайлов Ю. Е. Листоеды Урала (Coleoptera, Chrysomelidae): история и перспективы изучения // Успехи энтомологии на Урале: сб. науч. тр. Екатеринбург: Урал. отд. Русск. энтомол. об-ва, 1997. С. 68–75.
- Михайлов Ю. Е. Насекомые музея-заповедника «Аркаим». Жесткокрылые: видовой состав и заметки по структуре популяций // Природные системы Южного Урала. Челябинск: Изд-во Челябинск. гос. ун-та, 1999. С. 221–248.
- Михайлов Ю. Е. О двух малоизвестных видах жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) с Южного Урала // Зоологический журнал. 2018. Т. 97. № 3. С. 286–298. DOI: [10.7868/S0044513418030030](https://doi.org/10.7868/S0044513418030030)
- Михайлов Ю. Е., Ермаков А. И. Состав и структура сообществ герпетобиионных членистоногих горных вершин Южного Урала // Фауна Урала и Сибири. 2016. № 1. С. 61–74.
- Фридолин В. Ю. Фауна Северного Урала как зоогеографическая единица и как биоценотическое целое // Труды Ледниковых экспедиций. 1936. Вып. 4: Урал. С. 245–270.
- Чащина О. Е. Материалы к фауне жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) Ильменского заповедника // Известия Челябинского научного центра. 2002. Вып. 2 (15). С. 73–78.

Gus'kova E. V. The Leaf-beetles (Coleoptera, Chrysomelidae) of the South Urals // Entomofauna: Zeitschrift für entomologie. 2010. V. 31. № 14. P. 169–228.

ЭХОЛОКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАУНЫ РУКОКРЫЛЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ INTRODUCING ECHO METER TOUCH 2

Михайлова М. В.¹, Хусаинова Э. Р.²

¹*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

²*Центр развития творчества детей и юношества «Гермес»,
Москва, Россия*

ECHOLOCATION RESEARCH OF THE BAT FAUNA USING THE INTRODUCING ECHO METER TOUCH 2 SYSTEM

Mikhaylova M. V.¹, Khusainova E. R.²

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Educational Center of children development «Germes», Moscow, Russia*

Corresponding e-mail: mikhaylovamaria.bio@gmail.com

Summary: an echolocation research of the bat fauna in the north-east part of Kaluga region has documented 12 species. Due to a sufficiently high percentage of errors in the automated recognition signals which has got to 11 %, the results of using the «Introducing Echo Meter Touch 2» system cannot be considered completely reliable.

Keywords: Chiroptera, echolocation call, bat detector, Introducing Echo Meter Touch 2

Исследование фауны рукокрылых (Chiroptera) представляет определенные трудности в связи с ночной активностью и скрытым образом жизни представителей данного отряда. За последние десятилетия к традиционным методам изучения фауны рукокрылых, таким как различные способы отлова паутинной сетью (Газарян, 2016), водным сачком (Влащенко, Гусакова, 2009) или мобильной ловушкой (Борисенко, 1999), добавились эхолокационные методы, основанные на записи сигналов летучих мышей с помощью ультразвуковых микрофонов. Эхолокационные учеты широко применяются для получения сведений о видовом составе, особенностях образа жизни и оценки численности летучих мышей. Существуют различные международные программы по учету рукокрылых, основанные на этом методе, например всемирная программа мониторинга летучих мышей iBats (Indicator Bats Program). Методика учета в рамках этой программы представляет собой регистрацию сигналов на трансектах протяженностью 40 км при помощи прикрепленного к лобовому стеклу автомобиля ультразвукового детектора, например Tranquility Transect, МК II (Magenta Electronics), D-100, D-200, D-240 (Pettersson Electronic) и др. (Влащенко, 2005; Ситникова и др., 2009). Файлы с записью звуковых сигналов летучих мышей и GPS-трек, записанный навигатором отдельно, загружают на сайт программы iBats. Полученные данные анализируют при помощи компьютерной программы (например, BatSound, Pettersson Electronic AB.), определяя видовую принадлежность записанных сигналов рукокрылых и их количество (Снитко, 2008). Создаются и автоматизированные компьютерные системы распознавания видов по записанным сигналам, которые имеют свои достоинства и недостатки. Так, достоверность автоматического

определения по акустическим сигналам для Европейского региона оценивается в диапазоне от 48.7 до 100 % для разных видов (Walters et al., 2012; Васеньков, Рожнов, 2014).

Летом 2019 года нам удалось опробовать относительно новое устройство записи ультразвуковых сигналов – эхометр «Introducing Echo Meter Touch 2» (производитель Wildlife Acoustics, Inc.) при изучении фауны рукокрылых на северо-востоке Калужской области, в окрестностях сел Спас-Прогнанье и Машково (Жуковский р-он). Устройство, по сути своей, является ультразвуковым микрофоном, а роль записывающего устройства выполняет подключенный к нему смартфон под управлением Android 7.1.2, с установленным приложением «EchoMeter». В исследовании мы применяли методику, разработанную создателями данного приложения, которая опубликована на соответствующей страничке сайта Wildlife Acoustics (www.echometertouch.com). Приложение «Echo Meter Touch» версии 2.7.10 позволяет в автоматическом режиме записывать в файлы ультразвуковые сигналы летучих мышей, время и географические координаты места записи (GPS). Полученные во время учетов данные хранятся в приложении на телефоне и могут быть переданы на другой телефон, отосланы по электронной почте или перенесены в компьютер. В режиме реального времени записанные в файл сигналы сравниваются с эталонными из базы данных приложения и подбирается наиболее близкий аналог, так происходит автоматическое определение и регистрация видов (Agranat, 2014).

Целью нашей работы было выявление видового состава летучих мышей, приуроченности их к различным местообитаниям, а также определение фаз их суточной активности эхолокационным методом. Записи сигналов осуществлялись с 26 июня по 8 июля 2019 года в трех стационарных точках, расположенных в трех различных местообитаниях: на берегу пруда, на суходольном лугу и на просеке леса. В результате были получены следующие данные: зарегистрировано 960 сигналов 20-и видов рукокрылых. По итогам анализа полученных данных, изучения списка видов, сгенерированного системой автоматической идентификации, и сравнения его с имеющимися указаниями о распространении видов на изучаемой территории (Кузякин, 1950; Павлинов и др., 2002; Крусков, 2015; Кожурина, 2009), стало очевидным, что 134 сигнала были распознаны приложением неверно и 8 видов были идентифицированы ошибочно. Ареалы распространения этих 8 видов находятся далеко от изучаемой территории. Таким образом, при наших исследованиях, погрешность системы была достаточно высока и составила около 11 %.

Интересным результатом наших учетов стала регистрация сигналов нового для фауны Калужской области вида – нетопырь средиземноморский, или куля (*Pipistrellus kuhlii*). Учитывая то, что в последнее время наблюдается расширение ареала этого вида в северо-западном направлении по долине р. Волги (Марголин и др., 2001; Смирнов, Вехник, 2011; Снитько, 2018) и нами он регистрировался на каждом учете в открытых местообитаниях (всего записано 18 сигналов), можно с высокой долей вероятности считать, что он действительно обитает в районе наших исследований в Калужской области.

В целом с использованием автоматизированной системы «Introducing Echo Meter Touch» удалось выполнить поставленные задачи: составить список видов рукокрылых исследуемой территории и определить пики их суточной активности в трех местообитаниях.

Опыт применения автоматизированной системы «Introducing Echo Meter Touch 2» для ультразвуковых акустических учетов рукокрылых показал, что у данного устройства и у управляющего его работой приложения есть определенные достоинства. К ним, прежде всего, можно отнести следующие: устройство является более доступным для широкого круга пользователей по ценовым показателям, чем более дорогие профессиональные детекторы; бесплатное приложение, работающее на телефоне под управлением Android, просто в освоении,

работает автономно, независимо от подключения к сети Интернет, что позволяет пользоваться им и в отдаленных районах при плохой связи. К достоинствам устройства относятся и небольшие габариты (3.5 см на 4.5 см), а также маленький вес (16 г). Эхометр позволяет проводить акустический мониторинг видового состава на большой площади за короткие промежутки времени. Но, к сожалению, из-за достаточного высокого процента погрешности автоматизированной системы распознавания видовой принадлежности сигналов (11 %), результаты невозможно считать полностью достоверными. Возможно, этих неточностей можно избежать, проведя анализ записанных файлов в рекомендуемой производителем устройства программе «Kaleidoscope Pro», но она является платной, а пробная версия, к сожалению, пока доступна для загрузки только с территории США и нам не удалось ознакомиться с ее возможностями.

Таким образом, автоматизированная система «Introducing Echo Meter Touch 2», на наш взгляд, может быть использована для обучающих школьных и студенческих исследовательских работ в области биоакустики либо для предварительных фаунистических обследований, выявления мест скопления летучих мышей и других подобных работ, не требующих большой степени точности полученных результатов. Для применения в научных исследованиях на данный момент система имеет недостаточную достоверность получаемых с ее помощью данных. Будем надеяться, что в перспективе производителям устройства удастся усовершенствовать свой продукт и он займет достойное место в арсенале приборов, используемых для дистанционного изучения видового разнообразия рукокрылых.

Благодарности

Авторы выражают благодарность и глубокую признательность педагогу-организатору Центра развития творчества детей и юношества «Гермес» Сергею Анатольевичу Полуэктову и к.б.н. Кириллу Алексеевичу Петрову за неоценимую помощь в проведении исследования, советы и рекомендации по оформлению данной работы.

Литература

- Борисенко А. В. Мобильная ловушка для отлова рукокрылых // *Plecotus et al.* 1999. № 2. С. 10–19.
- Васеньков Д. А., Рожнов В. В. Проблемы при определении видового состава Рукокрылых по ориентационным ультразвуковым сигналам // Ориентации и навигации животных: тез. науч. конф. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. С. 9.
- Влащенко А. С. Современное состояние и динамика населения рукокрылых (*Chiroptera*, *Vespertilionidae*) национального парка «Гомольшанские леса» // *Plecotus et al.* № 8. С. 8–16.
- Влащенко А. С., Гукасова А. С., Разработка метода инвентаризации видового состава и структуры населения рукокрылых // *Заповідна справа в Україні*. 2009. № 15 (1). С. 49–57.
- Газарян С. В. О новых находках *Rhinolophus euryale* и недостоверности находок *R. mehelyi* в российской части Западного Кавказа // *Plecotus et al.* 2016. № 19. С. 41–50.
- Гигантская вечерница // Красная книга России. 2019. URL: <http://redbookrf.ru/gigantskaya-burozubka-sorex-mirabilis>
- Кожурина Е. И. Конспект фауны рукокрылых России: систематика и распространение // *Plecotus et al.* 2009. Вып. № 11–12. С. 71–105.
- Красная книга Калужской области. Калуга: Золотая аллея, 2006. С. 571–574.
- Красная книга Калужской области. Т. 2: Животный мир // Калуга: ООО «Ваш Домъ», 2017. С. 335–338.
- Крускоп С. В. Звери средней полосы России: атлас-определитель млекопитающих. М.: Фитон XXI, 2015. С. 131–159.
- Крускоп С. В. Летучие мыши: происхождение, места обитания, тайны образа жизни. М.: Фитон XXI, 2013. 183 с.
- Кузякин А. П. Летучие мыши: Систематика, образ жизни и польза для сельского и лесного хозяйства. М.: Советская наука, 1950. 444 с.

- Марголин В. А., Круглова Т. А., Шашков М. П., Марголин А. В. Аннотированный каталог летучих мышей Калужской области // Вопросы археологии, истории, культуры и природы Верхнего Поочья: материалы VIII конференции. Калуга, 2001. С. 356–359.
- Павлинов И. Я., Крускоп С. В., Варшавский А. А., Борисенко А. В. Наземные звери России: справочник-определитель. М.: КМК, 2002. С. 44–78.
- Ситникова Е. Ф., Крускоп С. В., Мишта А. В. Материалы по фауне рукокрылых Брянской области // *Plecotus et al.* 2009. № 11-12. С. 32–49.
- Смирнов Д. Г., Вехник В. П. О современном распространении *Pipistrellus kuhlii* (Ciroptera: Vespertilionidae) в Поволжье // Поволжский экологический журнал. 2011. № 2. С. 193–202.
- Снитко В. П. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) заповедника «Шульган-Таш» // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. № 12. С. 76–80.
- Снитко В. П., Снитко Л. В. Новые данные по распространению рукокрылых в национальном парке «Нечкинский» (Удмуртская республика) // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2018. Т. 28. № 1. С. 43–48.
- Agranat I. Detecting Bats with Ultrasonic Microphones. Understanding the effects of microphone variance and placement on detection rates. Wildlife Acoustics, Inc., 2014. URL: www.wildcare.eu/media/wysiwyg/pdfs/UltrasonicMicrophones.pdf
- Walters Ch. L. et al. A continental scale tool for acoustic identification of European bats // *J Appl Ecol.* V. 49 (5). P. 1064–1074. DOI: [10.1111/j.1365-2664.2012.02182.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02182.x)

АНАЛИЗ РАЗНООБРАЗИЯ МОРФОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЗОНЕ КРАЕВОГО ЭФФЕКТА

Монтиле А. И.^{1,2}, Шавнин С. А.², Монтиле А. А.², Голиков Д. Ю.²

¹*Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия*

²*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

ANALYSIS OF DIVERSITY OF SCOTS PINES MORPHOTYPES IN EDGE EFFECT'S ZONE

Montile A. I.^{1,2}, Shavnin S. A.², Montile A. A.², Golikov D. Yu.²

¹*Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia*

²*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: amontile@gmail.com; org17@mail.ru

Summary: change in phenotypic diversity cenopopulations under influence of competition in edge effect's zone have been studied. Morphological diversity of Scots pine and its change with distance from the borderline to 225 m are described. Differences in distribution of morphotypes in natural stands and forest park were revealed.

Keywords: Phenotypic diversity, Edge effect, Scots pine, Morphological characteristics

Цель исследований – изучение изменения фенотипического разнообразия ценопопуляций сосны обыкновенной под влиянием конкурентных отношений в естественных и урбанизированных насаждениях на Среднем Урале.

Полигон – зона краевого эффекта (КЭ) в естественных насаждениях и городских лесопарках, в которых сосна обыкновенная является доминирующим видом. Экотонные участки характеризуются увеличением видового разнообразия и плотности растительности, в связи с этим можно предположить, что в зоне данного эффекта и вне ее, в силу разницы по количеству и интенсивности факторов, влияющих на онтогенез организмов каждого конкретного вида, изменяется морфология особей, которая фиксирует в каждый момент времени особенности происходящих морфогенетических процессов.

Выбор зоны КЭ и двух видов насаждений обусловил появление сопряженных целей: изучение с внутривидовой точки зрения характера изменений морфометрического состава сообщества сосны обыкновенной в зависимости от удаленности от границы леса (аналог β-разнообразия по Уиттекеру (Сидельников, 2006) и возможная детализация пространственной структуры зоны КЭ с внутривидовой точки зрения; выявление специфических для естественных насаждений и городских лесопарков особенностей инвентаризационного и дифференцирующего разнообразия сосны обыкновенной, которое фиксируется морфометрическими показателями.

Если рассматривать зону КЭ и внутреннюю зону леса, то можно предположить существование переходной области, где присутствуют представители видов растительности, специфичные как для области КЭ, так и для внутренних участков леса. Кроме того, возможно

появление морфотипов, присутствующих только в данной области. Таким образом, можно ожидать увеличения инвентаризационного разнообразия морфотипов отдельного вида в этой области, смещенной вглубь леса относительно зоны увеличения видового разнообразия. Влияние изменения абиотических факторов в городских условиях по сравнению с естественными в силу простого увеличения количества факторов приводит в зоне КЭ к изменению видового разнообразия, причем оно может как увеличиваться, так и уменьшаться при сочетании факторов, дающих «выигрыш» одному из видов или «подавляющих» несколько видов. В первом случае зона КЭ увеличивается, а во-втором может уменьшаться.

Проверяемые гипотезы: 1) возможно определение диапазонов расстояний от края насаждения (КН), принадлежность к которым является фактором, влияющим на варьирование отдельных морфометрических признаков; 2) существуют корреляции между некоторыми морфометрическими признаками и расстоянием до КН; 3) по мере удаления от КН изменяется инвентаризационное разнообразие морфотипов, определяемых через информативные (в смысле 1 и 2 гипотез) признаки.

Для исследования зон КЭ в естественных сосновых древостоях, удаленных до 30 км от г. Екатеринбурга, и насаждениях в городском лесопарке, использовали методику закладки и обследования трансект длиной до 225 м, ориентированных перпендикулярно КН трансектах длиной до 225 м (Veselkin, 2017). Количество трансект в естественных насаждениях и в лесопарке составляло 10 и 6 соответственно. На каждой трансекте находилось 10 учетных площадок радиусом 11.3 м и расстоянием 25 м между ними. При фиксации морфометрических признаков деревьев, кроме измерения диаметра ствола на высоте 1.3 м с точностью 0.5 см, использовали методику количественной оценки ростовых особенностей ствола и кроны (Шавнин, 2019). Определялись многоствольность, многовершинность, кривизна ствола, сучковатость, характеризующая общее количество отмерших и живых ветвей на дереве и охвоение ветвей. Общее число обследованных деревьев составляло 2 315, из них 1 761 – за городом и 554 – в лесопарке. При обработке данных использовали методы корреляционного, однофакторного дисперсионного, кластерного и регрессионного анализов.

Для определения последовательно (по мере удаления от КН) расположенных зон, принадлежность к которым может рассматриваться как фактор, влияющий на вариабельность признаков, произвели полный перебор всей комбинаторики пространственно объединяемых в группы смежных площадок для количества групп от 6 до 2 и количества объединяемых в группы площадок от 2 до 5. Учитывая асимметрию распределения значений признаков (стандартизованная асимметрия от $-2,6$ до $-10,4$) при использовании дисперсионного анализа применяли медианы и ранговый критерий Краскела-Уоллиса. Для естественных насаждений статистически значимо определяются четыре зоны: от КН до ~ 70 м; от ~ 70 м до 125 м; от 125 до ~ 185 м; от ~ 185 м до 225 м. Принадлежность деревьев к зонам является фактором, влияющим на вариабельность значений диаметра (значение критерия – $H = 77.1$; $P = 0.00000$), охвоения ($H = 32.8$; $P = 0.00000$) и сучковатости ($H = 22.63$; $P = 0.00005$). В лесопарке для тех же показателей выделяются две различающиеся группы площадок (от КН до 100 м и от 150 до 225). Значения критерия и статистическая значимость хуже: для диаметра – $H = 18.14$; $P = 0.008$; для охвоения – $H = 8.329$; $P = 0.004$; для сучковатости – $H = 6.560$; $P = 0.010$. Для остальных показателей подобной связи с расстоянием от КН не выявлено, хотя принадлежность к естественным либо лесопарковым насаждениям влияет на вариабельность многоствольности ($H = 24.88$) и степени искривления ствола ($H = 12.89$). Вышеизложенное позволяет сделать вывод об информативности для задач анализа внутривидовой изменчивости и оценки разнообразия морфометрических показателей: диаметр; охвоение и сучковатость. Последние

два показателя могут рассматриваться как характеристики, связанные с развитостью ассимиляционного аппарата.

Статистически значимых и достоверных линейных и нелинейных корреляций всех рассматриваемых признаков с удаленностью от КН выявить не удалось как для естественных, так и для лесопарковых насаждений. При этом средние значения и вариабельность значений для многовершинности, степени искривления ствола в лесопарке выше, чем в естественных насаждениях, а для охвоения, сучковатости и диаметра – ниже.

Кластерный анализ по информативным признакам (методы Уорда и К-средних) выявил наличие 3 кластеров деревьев, отличающихся по показателям охвоения, сучковатости и диаметра, в обоих местообитаниях. Деревья, относящиеся к одному кластеру, встречаются на любом расстоянии от КН до 225 м. Два других кластера с перекрытием в центральной зоне от 75 до 100 м для естественных и от 75 до 150 м для лесопарков, расположены в зонах от КН до 75 м и от 125 (150) до 225 м. Центроиды этих двух кластеров находятся на расстоянии приблизительно 50 и 150 (175) м от КН.

При анализе разнообразия морфотипов к одному морфотипу относили деревья с равными значениями показателей охвоения и сучковатости. Всего для естественных и лесопарковых насаждений выделили 64 морфотипа. Все морфотипы встречаются в обоих видах насаждений, но отличаются по количеству представителей. Распределение деревьев по диаметру для каждого морфотипа асимметрично. Распределения по диаметру для морфотипов с сучковатостью 1–3, охвоению 0.5–3 соответствуют лог-логистическому, а для морфотипов с сучковатостью и охвоением больше 3 – Wakeby. Поэтому в качестве числовой характеристики диаметра, приписываемого морфотипу, использовалось его медианное значение. Кластерный анализ выявил наличие 3 кластеров морфотипов и особенности их пространственного распределения, соответствующие кластерам и распределению определенных для деревьев. Получены визуальные отображения распределения морфотипов по удаленности от КН. Во всех зонах присутствуют морфотипы первого кластера, основным отличительным признаком которых является высокая сучковатость (больше 4 в естественных насаждениях и больше 3.5 в лесопарке). В естественных насаждениях количество морфотипов первого кластера убывает по мере удаления от КН. Причем, начиная с расстояния 125 м, среди них по мере удаления уменьшается численность морфотипов с небольшим охвоением. В лесопарках количество морфотипов первого кластера остается неизменным до расстояния 175 м, а далее возрастает при неизменном количестве морфотипов с различным охвоением. В крайних зонах трансект присутствуют морфотипы с меньшей, чем в первом кластере, сучковатостью (независимо от охвоения). Исключение из рассмотрения морфотипов первого кластера позволило получить количественные характеристики и графическое отображение распределения инвентаризационного разнообразия морфотипов двух остальных кластеров по градиенту расстояния от КН. Основными отличиями лесопарковых насаждений от естественных являются: более равномерное распределение количества деревьев по морфотипам на любом расстоянии от КН и большее разнообразие морфотипов различных кластеров в зоне перекрытия кластеров (75–150 м).

Таким образом, результаты исследований подтверждают первую и третью гипотезы и не позволяют согласиться со второй. Выявлены информативные признаки, на основе которых возможен анализ внутривидового фенотипического разнообразия и особенностей его изменения под действием совокупности факторов среды.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Комплексной программы УрО РАН на 2018–2020 гг. (грант № 18-4-4-10) и в рамках госзадания БС УрО РАН.

Литература

- Сидельников В. П., Сергеев М. Г. Иерархия и связи основных терминов, описывающих биоразнообразие // Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование. Под ред. В. К. Шумного, Ю. И. Шокина, Н. А. Колчанова, А. М. Федотова / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т цитологии и генетики [и др.]. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. С. 27–31.
- Шавнин С. А., Овчинников И. С., Монтиле А. А., Голиков Д. Ю. Оценка формы ствола и кроны сосны обыкновенной по комплексу морфологических признаков // Лесоведение. 2019. № 1. С. 64–74. DOI: [10.1134/S0024114818060074](https://doi.org/10.1134/S0024114818060074)
- Veselkin D. V., Shavnin S. A., Vorobeichik E. L., Galako V. A., Vlasenko V. E. Edge effects on pine stands in a large city // Russ. Journ. Ecol. 2017. V. 48. № 6. P. 499–506. DOI: [10.1134/S1067413617060121](https://doi.org/10.1134/S1067413617060121)

**ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ
ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ МЕСТООБИТАНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТОСНО (ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Мысник Е. Н.

*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
Санкт-Петербург, Россия*

**SPECIES DIVERSITY OF WEED PLANTS
OF CERTAIN TYPES OF HABITATS
IN THE TERRITORY OF TOSNO (LENIRAD REGION)**

Mysnik E. N.

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russia

Corresponding e-mail: vajra-sattva@yandex.ru

Summary: comparative analysis of species diversity of weed plants of various types of habitats in the territory of Tosno (Leningrad Region) was carried out. Groups of dominant and concomitant species have been identified. Interrelation these groups with dominant species in crops of the region is shown.

Keywords: weed plants, urbanized territories, habitats of different type, specific variety, dominants

Характерной особенностью сорных растений является их приуроченность к различным местообитаниям с нарушенным естественным растительным покровом (Гроссгейм, 1948; Ульянова, 2005) как естественного, так и антропогенного происхождения (в том числе посевам и посадкам сельскохозяйственных культур, иным насаждениям, рудеральным местообитаниям). Вторичные местообитания разного типа имеются и на городских территориях. Соответственно, они заслуживают внимания как объекты фитосанитарного мониторинга.

Цель исследования – изучение видового разнообразия сорных растений местообитаний разного типа в пределах конкретного населенного пункта (г. Тосно, Ленинградская область), выявление его взаимосвязи с сегетальным компонентом сорной флоры области. Для сравнения выбраны две группы местообитаний: посадки (газоны) и рудеральные местообитания (прижилищные засоренные участки (ПЗУ)).

Исследование проведено с использованием комплекса приемов и методов. Для сбора материалов применялась «Методика изучения распространенности видов сорных растений» (Лунева, Мысник, 2012), включающая метод маршрутного обследования территории. Полученные данные переведены в цифровой формат и систематизированы при помощи гербологической базы данных, сформированной на основе специальной программы «Герболог-Инфо» (Лунева, Лебедева, Мысник, 2016). Рассчитаны показатели встречаемости для каждого выявленного вида на каждом типе местообитания. Осуществлена оценка постоянства встречаемости видов по методике А. С. Казанцевой (Казанцева, 1971).

Всего при обследовании было выявлено 96 видов сорных растений, входящих в 74 рода и 22 семейства. В отдельности по сравниваемым группам местообитаний выявлено 57 видов из 48 родов и 18 семейств на газонах и 84 вида из 67 родов и 22 семейств на прижилищных

засоренных участках. Распределение видов по семействам носит неравномерный характер. Наибольший удельный вес на обоих типах местообитаний имеет семейство сложноцветных (Compositae Giseke): 35.09 % – газоны, 26.19 % – прижилищные засоренные участки. Вторую позицию занимает семейство бобовых (Leguminosae Juss.) – удельный вес 10.53 и 10.71 % соответственно.

Для оценки представленности видов сорных растений на сравниваемых типах местообитаний была рассчитана встречаемость каждого вида. В соответствии с полученными показателями встречаемости виды были отнесены к конкретным классам постоянства встречаемости.

Выделены доли видов разных классов постоянства встречаемости для газонов: I класс – 41.67 %, II класс – 20.00 %, III класс – 18.33 %, IV класс – 11.67 %, V класс – 8.33 %.

Выделены доли видов разных классов постоянства встречаемости для прижилищных засоренных участков: I класс – 58.33 %, II класс – 13.10 %, III класс – 13.10 %, IV класс – 10.71 %, V класс – 4.76 %.

На основе проведенной оценки постоянства встречаемости выделены группы доминирующих и сопутствующих видов.

В группы доминирующих по встречаемости включены виды сорных растений, относящиеся к III–V классам постоянства встречаемости на сравниваемых типах местообитаний. В целом на обоих типах местообитаний в доминанты выходит 31 вид (23 вида на газонах и 24 вида на мусорных местах), из них 16 видов сорных растений являются общими доминантами для обоих типов местообитаний.

Среди общих доминирующих видов сорных растений 11 видов имеют встречаемость одинаковых классов постоянства на обоих типах местообитаний: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), лопух паутинистый (*Arctium tomentosum* Mill.) – V класс; тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), ромашка пахучая (*Matricaria discoidea* DC.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.) – IV класс; купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), марь белая (*Chenopodium album* L.) нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), ясколка ключевая (*Cerastium fontanum* Baumg.) – III класс.

На газонах 3 вида сорных растений из 11 общих доминант имеют встречаемость более высокого класса постоянства, чем на прижилищных засоренных участках: кульбаба осенняя (*Leonthodon autumnalis* L.), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) – V класс (ПЗУ – IV класс); бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.) – V класс (ПЗУ – III класс).

На прижилищных засоренных участках 2 вида сорных растений из 11 общих доминант имеют встречаемость более высокого класса постоянства, чем на газонах: подорожник большой (*Plantago major* L.) – V класс (газон – III класс); пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) – IV класс (газон – III класс).

В дополнение к вышеперечисленным видам на газонах в доминанты по встречаемости выходят еще 7 видов сорных растений, имеющих встречаемость разных классов постоянства: люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.) – IV класс; мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), щавель длиннолистный (*Rumex longifolius* DC.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.) – III класс.

В дополнение к вышеперечисленным видам на прижилищных засоренных участках в доминанты по встречаемости выходят еще 8 видов сорных растений, имеющих встречаемость

разных классов постоянства: клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) – V класс; мятлик однолетний (*Poa annua* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) – IV класс; крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), донник белый (*Melilotus albus* Medik.), клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), лютик ползучий (*Ranunculus repens* L.) – III класс.

В группы сопутствующих по встречаемости включены виды сорных растений, относящиеся ко II классу постоянства встречаемости на сравниваемых типах местообитаний.

В целом на обоих типах местообитаний в группы сопутствующих по встречаемости выходят 20 видов (12 видов на газонах и 11 видов на мусорных местах), из них 4 вида сорных растений являются общими сопутствующими для обоих типов местообитаний: звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.), тмин обыкновенный (*Carum carvi* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.), смолевка луговая (*Silene pratensis* (Rafn) Godr.).

В дополнение к вышеперечисленным видам на газонах в группу сопутствующих выходят еще 8 видов сорных растений: крапива двудомная, лютик ползучий, донник белый, хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), жерушник болотный (*Rorippa palustris* (L.) Bess.), чертополох курчавый (*Carduus crispus* L.), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), бодяк обыкновенный (*Cirsium vulgare* (Savi) Ten.).

В дополнение к вышеперечисленным видам на газонах в группу сопутствующих выходят еще 7 видов сорных растений: мать и мачеха обыкновенная, люцерна хмелевидная, мелколепестник канадский, тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), выюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), осот огородный (*Sonchus oleraceus* L.), гулявник лекарственный (*Sisymbrium officinale* L.).

Сравнение групп доминирующих на обоих местообитаниях видов сорных растений с группой видов сорных растений, доминирующих в посевах и посадках сельскохозяйственных культур Ленинградской области (Мысник, 2016), показало, что 35.48 % этих видов являются доминантами и на полях: трехреберник непахучий, марь белая, пастушья сумка обыкновенная, бодяк щетинистый, горец птичий, подорожник большой, одуванчик лекарственный, мятлик однолетний, тысячелистник обыкновенный, полынь обыкновенная, ромашка пахучая. От общего количества зарегистрированных на обоих типах местообитаний видов 89.58 % также встречаются и на полях региона.

Таким образом, хотя видовое разнообразие сорных растений прижилищных засоренных участков выше, чем газонов, видовые составы этих местообитаний имеют сходные черты в своей структуре. Основные различия создаются за счет видов низкого постоянства встречаемости (I класс).

Также, на конкретном примере продемонстрирована взаимосвязь между разными компонентами сорной флоры региона. Анализ показал, что территория выбранного для исследования населенного пункта является местом произрастания и сохранения тех же видов растений, которые являются сорными в посевах и посадках сельскохозяйственных культур Ленинградской области. При этом среди доминант высока доля хозяйственно значимых видов. Отдельные хозяйства связаны друг с другом через дорожно-транспортную сеть, проходящую через различные населенные пункты, что способствует распространению видов сорных растений по территории региона. Это обуславливает необходимость изучения видового разнообразия сорных растений на территориях населенных пунктов.

Благодарности

Работа осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-016-00135).

Литература

- Гроссгейм А. А. Растительный покров Кавказа. М.: Изд-во Моск. общества испытателей природы, 1948. 265 с.
- Казанцева А. С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАССР // Вопросы агрофитоценологии. Казань, 1971. С. 10–74.
- Лунова Н. Н., Лебедева Е. Г., Мысник Е. Н. Герболог-Инфо. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016610137. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 11 января 2016 г.
- Лунова Н. Н. Мысник Е. Н. Методика изучения распространенности видов сорных растений // Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза. СПб., 2012. С. 85–92.
- Мысник Е. Н. Доминирующие виды сорных растений в агроценозах основных сельскохозяйственных культур Ленинградской области // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы XI Международной научно-практической конференции (Лапшинские чтения). Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2016. С. 244–248.
- Ульянова Т. Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств. Барнаул: Азбука, 2005. 297 с.

**БАЗА ДАННЫХ «СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ:
ГЕРБАРНАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ВИЗР»**

Мысник Е. Н., Лунева Н. Н.

*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
Санкт-Петербург, Россия*

DATABASE “WEED PLANTS: HERBAL VIZR COLLECTION”

Mysnik E. N., Luneva N. N.

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russia

Corresponding e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru

Summary: the herbarium of the All-Russian Institute of Plant Protection is a collection of samples of weed species collected in different regions of Russia. The database has been created that stores herbarium label information that is available in user and curator modes.

Keywords: weed species, weeds, herbarium collection, registration, database

Система защиты культивируемых растений от вредных объектов, в том числе сорных растений, строится на данных фитосанитарного мониторинга. В ходе полевых обследований важным аспектом является диагностика видов сорных растений, от которой зависит содержание прогноза распространения конкретных видов сорных растений в агроэкосистеме и агрофитоценозе и последующий выбор мер и средств борьбы с ними.

Идентификация видов сорных растений осуществляется обычно по набору морфологических признаков растения с использованием ботанических определителей и справочников. В настоящее время существует множество интерактивных ресурсов, где размещены описания и цветные изображения видов сорных растений. Тем не менее, значение гербарных образцов для идентификации видов растений трудно переоценить, особенно, когда диагностические признаки касаются таких деталей, как тип волосков опушения, форма железок, цвет ресничек, форма и цвет колосковых чешуй и т.п.

Коллекция «Гербарий сорных растений Российской Федерации» Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений берет свое начало с 1999 года. Пополнение коллекции продолжается по настоящее время (Лунева, Ларина, Лебедева, 2013; Лунева, Мысник, 2018; Мысник, 2019). Все экспедиционные полевые исследования особенностей засоренности полей в разных регионах России сопровождаются сбором гербария.

Одновременно с формированием коллекции осуществляется компьютерная регистрация гербарных образцов, которая стала возможной благодаря созданию базы данных (БД) «Сорные растения: гербарная коллекция ВИЗР». База данных сформирована при помощи специальной программы «Герболог-Инфо», разработанной сотрудниками сектора гербологии ВИЗР (Лунева, Лебедева, Мысник, 2016).

База данных «Сорные растения: гербарная коллекция ВИЗР» представляет собой совокупность сведений об образцах гербарной коллекции сорных растений Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений.

Структурной единицей БД является запись. Каждая запись в систематизированном виде содержит информацию по 1 гербарному образцу сорного растения, имеющемуся в коллекции, и представляет собой совокупность характеристик, взятых с гербарных этикеток.

Характеристики образца в пределах записи структурированы по 2 вкладкам экрана «Характеристика образца». На вкладке «Основные данные» сосредоточены идентификационные данные (номер образца, соответствующий номеру гербарной этикетки); ботаническая номенклатура (видовое название, род, семейство, подвид); административные данные (регион, край/республика/область, район, населенный пункт, хозяйство), данные о сельскохозяйственной культуре (название культуры), дата сбора (число месяц, год), общее число листов, данные о коллекторе и определившем вид. На вкладке «География» сосредоточены географические данные (высота над уровнем моря, координаты); эколого-географические данные (характеристика места сбора).

В настоящее время БД состоит из 5 076 записей, в которых содержится информация о 5 076 коллекционных образцах 608 видов сорных растений из 283 родов и 57 семейств на 6 783 гербарных листах (число гербарных листов выше, так как по отдельным образцам имеется несколько листов).

Наибольшее количество записей базы данных, а соответственно, и гербарных листов имеется по 10 семействам:

Сложноцветные (Compositae Giseke) – 1 067 записей (1 303 гербарных листа по 115 видам из 50 родов);

Крестоцветные (Cruciferae Juss.) – 712 записей (928 гербарных листов по 43 видам из 20 родов);

Злаки (Gramineae Juss.) – 531 запись (682 гербарных листа по 68 видам из 33 родов);

Гречишные (Polygonaceae Juss.) – 431 запись (541 гербарный лист по 30 видам из 6 родов);

Губоцветные (Labiatae Juss., nom. altern.) – 391 запись (494 гербарных листа по 32 видам из 18 родов);

Бобовые (Leguminosae Juss.) – 329 записей (429 гербарных листов по 43 видам из 17 родов);

Гвоздичные (Caryophyllaceae Juss.) – 306 записей (386 гербарных листов по 33 видам из 17 родов);

Маревые (Chenopodiaceae Vent.) – 295 записей (355 гербарных листов по 31 виду из 7 родов);

Бурачниковые (Boraginaceae Juss. (incl. Hydrophyllaceae R. Br.) – 183 записи (230 гербарных листов по 22 видам из 13 родов);

Норичниковые (Scrophulariaceae Juss. s. l. (incl. Orobanchaceae Vent.) – 105 записей (137 гербарных листов по 26 видам из 10 родов).

По Европейской части Российской Федерации в БД содержится информация по 6 405 гербарным листам. В ней представлены данные по образцам 546 видов сорных растений из 256 родов и 53 семейств из 24 регионов (Ленинградская, Ростовская, Новгородская, Псковская, Курская, Астраханская, Вологодская, Воронежская, Ивановская, Белгородская, Липецкая, Саратовская, Пензенская, Челябинская, Самарская, Тверская, Оренбургская, Рязанская, Владимирская области, Республики Татарстан, Калмыкия, Башкортостан, Мордовия, Карелия). Больше всего данных содержится по 4 регионам – Ленинградской, Ростовской, Новгородской и Псковской областям (по 3 610, 569, 436 и 343 гербарным листам соответственно).

По Российскому Кавказу в БД содержится информация по 135 гербарным листам. В ней представлены данные по образцам 98 видов сорных растений из 79 родов и 28 семейств из 1 региона (Краснодарский край).

По Западной Сибири в БД содержится информация по 38 гербарным листам. В ней представлены данные по образцам 24 видов сорных растений из 18 родов и 14 семейств из 2 регионов (Курганская область, Омская область).

По Восточной Сибири в БД содержится информация по 189 гербарным листам. В ней представлены данные по образцам 108 видов сорных растений из 83 родов и 28 семейств из 2 регионов (Республика Бурятия, Иркутская область).

Поисковая система по БД включает как пользовательский режим (поиск образцов интересующего вида сорного растения и просмотр содержания этикеток), так и кураторский (получение статистических данных по содержанию коллекции, список коллекторов). Использование базы данных позволяет осуществлять разные виды работ с данными по коллекции без непосредственного обращения к гербарным образцам, что значительно повышает их сохранность. Также значительно сокращаются временные затраты на формирование информационных выборок. Таким образом, база данных «Сорные растения: гербарная коллекция ВИЗР» является необходимым и удобным инструментом работы с гербарной коллекцией, позволяющим вести как учет образцов, так и аналитическую работу.

Благодарности

Работа осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-016-00135).

Литература

- Лунева Н. Н., Ларина С. Ю., Лебедева Е. Г. Гербарий сорных растений ВИЗР // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: материалы 3-го Всерос. съезда по защите растений. Т. 2. СПб., 2013. С. 293–295.
- Лунева Н. Н., Лебедева Е. Г., Мысник Е. Н. «Герболог-Инфо». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016610137. Дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 11 января 2016 г.
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н. Гербарная коллекция сорных растений Всероссийского института защиты растений (ФГБНУ ВИЗР) // Систематические и флористические исследования Северной Евразии: материалы II Международной конференции (к 90-летию со дня рождения профессора А. Г. Еленевского) (г. Москва, 5–8 декабря 2018 г.). Под общ. ред. В. П. Викторова. М.: МПГУ, 2018. Т. 2. С. 102–104.
- Лунева Н. Н., Мысник Е. Н., Соколова Т. Д., Надточий И. Н. «Сорные растения: гербарная коллекция ВИЗР». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019622042. Дата регистрации в Реестре баз данных 12 ноября 2019 г.
- Мысник Е. Н. Гербарий сорных растений Российской Федерации (Всероссийский институт защиты растений) // Инновации и традиции в современной ботанике: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения В. Л. Комарова (Санкт-Петербург, 21–25 октября 2019 г.). СПб.: Ботанический институт им. В. А. Комарова РАН, 2019. С. 75.

**ЭКОЛОГИЯ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ
ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

Намсараев З. Б., Комова А. В., Мельникова А. А.,
Шарко Ф. С., Иванов В. А., Руденко А. П., Теслюк А. Б.

Курчатовский институт, Москва, Россия

**ECOLOGY AND BIODIVERSITY
OF PHOTOTROPHIC MICROORGANISMS OF LAKE BAIKAL**

Namsaraev Z. B., Komova A. V., Melnikova A. A.,
Sharko F. S., Ivanov V. A., Rudenko A. P., Teslyuk A. B.

Kurchatov Institute, Moscow, Russia

Corresponding e-mail: zoright@gmail.com

Summary: we analysed the satellite data on chlorophyll *a* in Lake Baikal and performed the 16S and 18S rRNA gene and transcriptome analysis. This allowed us to develop a conceptual scheme of the major factors influencing the development of phototrophic microorganisms in Lake Baikal.

Keywords: Lake Baikal, satellite analysis of chlorophyll *a*, diversity of phototrophic microorganisms, transcriptome analysis

Озеро Байкал является объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО и содержит 20 % мировых запасов пресной воды. С 2011 года в озере Байкал наблюдается массовое развитие нитчатых водорослей и цианобактерий (Namsaraev et al., 2020). В отдельных случаях накопление фотосинтезирующих микроорганизмов достигало чрезвычайно высоких значений – до 41.7 г хлорофилла на м³ воды (Namsaraev et al. 2018).

Мы провели анализ спутниковых данных начиная с 2003 года о содержании хлорофилла *a* в поверхностных слоях озера Байкал. Этот анализ позволил нам выявить основные районы развития фотосинтезирующих организмов в озере Байкал и показал, что самая высокая концентрация хлорофилла *a* наблюдалась в прибрежных районах озера с временными всплесками в центральной части озера. Были проанализированы корреляции между спутниковыми данными о содержании хлорофилла *a* и данными, полученными при анализе природно-антропогенных факторов, потенциально влияющих на эвтрофикацию. На основе выявленных корреляций была разработана концептуальная схема основных факторов, влияющих на содержание хлорофилла *a* в воде озера Байкал.

Также с использованием Illumina MiSeq мы провели анализ генов 16S и 18S рРНК и транскриптомный анализ образцов воды из районов массового развития цианобактерий и олиготрофных вод. Биоинформационный анализ показал, что в образцах преобладали потенциально токсичные космополитные цианобактерии, принадлежащие к родам *Dolichospermum*, *Cyanobium*, *Synechococcus* и *Microcystis*, а также экспрессия генов, кодирующих несколько типов токсинов.

В результате нашего исследования был изучен видовой состав и выявлены основные факторы, влияющие на развитие фотосинтезирующих организмов поверхностных слоев воды акватории Байкала, что позволяет перейти к моделированию и прогнозированию дальнейшего состояния экосистемы озера Байкал.

Благодарности

Исследование было поддержано грантом РФФИ № 17-29-05103 и Центром геномных исследований мирового уровня «Курчатовский геномный центр».

Литература

- Namsaraev Z., Melnikova A., Ivanov V., Komova A., Teslyuk A. Cyanobacterial bloom in the world largest freshwater lake Baikal // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. V. 121. № 3. P. 032039. DOI: [10.1088/1755-1315/121/3/032039](https://doi.org/10.1088/1755-1315/121/3/032039)
- Namsaraev Z., Melnikova A., Komova A., Ivanov V., Rudenko A., Ivanov E. Algal Bloom Occurrence and Effects in Russia // Water. 2020. V. 12. №. 1. P. 285. DOI: [10.3390/w12010285](https://doi.org/10.3390/w12010285)

БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИЦЕТОБИОНТНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Неустроева Н. В.^{1,2}, Диярова Д. К.^{1,2}

¹*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

²*Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

BIODIVERSITY OF MYCETOBIONT ALGAE

Neustroeva N. V.^{1,2}, Diyarova D. K.^{1,2}

¹*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

²*Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: Neustroeva@ipae.uran.ru

Summary: mycetobiont algae – representing a non-specialized group of aerophilic pro- and eukaryotic organisms that inhabit basidiocarps of xylotrophic basidiomycetes. In the basidiocarps of 24 species of xylotrophic fungi, mycetobiont algae of 75 species are present.

Keywords: wood decay fungi, algae, biodiversity, ecology, symbiosis

Сравнительно небольшое число публикаций посвящено изучению водорослей, обитающих в плодовых телах ксилотрофных базидиомицетов – мицетобионтным водорослям (Zavada, Simoes, 2001; Stoyneva, Uzunov, Gärtner, 2015; Videv, Gärtner, Uzunov et al., 2017). В 2012–2019 гг. нами был проведен большой цикл исследований по изучению биоразнообразия водорослей-мицетобионтов, симбиотических с ксилотрофными грибами (Basidiomycota, Agaricomycetes), на территории Урала. Результаты частично изложены в публикациях (Мухин и др., 2016, 2018; Mukhin et al., 2018; Неустроева и др., 2017).

Мицетобионтные водоросли представляют собой неспециализированную группу аэрофильных про- и эукариотических организмов, населяющих базидиокарпы ксилотрофных базидиальных грибов. В базидиокарпах 24 видов ксилотрофных грибов присутствуют мицетобионтные водоросли 75 видов – все они не специализированные мицетобионты, а широко распространенные эврибионтные фототрофные эукариотические (Chlorophyta, Ochrophyta, Charophyta) и прокариотические (Cyanoprokaryota) водоросли преимущественно с трихальными и коккоидными талломами (Мухин и др., 2018).

С базидиокарпами одного вида грибов может быть ассоциировано до 34 видов мицетобионтных водорослей, но единичный базидиокарп населяют от 2 до 12 видов. Сообщества водорослей-мицетобионтов, ассоциированные с разными видами ксилотрофных грибов, обладают определенной гостальной специфичностью (Неустроева и др., 2017), но их видовой состав нестабильный и обладает сильной индивидуальной, географической, сезонной изменчивостью. Вместе с тем есть виды, отмеченные с большой частотой встречаемости в образцах – *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott, *Stichococcus bacillaris* Nägeli, *Interfilum terricola* (J. B. Petersen) Mikhailyuk, Sluiman, Massalski, Mudimu, Demchenko, Friedl & Kondratyuk.

Водоросли вступают в симбиотические отношения преимущественно с ксилотрофными базидиомицетами с однолетними, однолетними-зимующими плодовыми телами. В базидиокарпах водоросли находятся в физиологически активном состоянии и способны к фотосинтетической ассимиляции CO_2 , а при наличии в их составе цианопрокариот – к азотфиксации. Мицетобионтные водоросли в рассматриваемой ассоциации получают некоторую защиту от окружающей среды, H_2O и CO_2 , образующихся в большом количестве при дыхании грибов (Мухин и др., 2006). Например, плодовые тела: *Trichaptum biforme* выделяют при дыхании $0.31 \text{ мг } \text{CO}_2/\text{г} \times \text{ч}$, *Trichaptum fuscoviolaceum* – $0.85 \text{ мг } \text{CO}_2/\text{г} \times \text{ч}$.

Взаимоотношения с грибами можно определить как факультативный для обоих партнеров лишайникоподобный ассоциативный симбиоз, дающий грибам доступ к дополнительному по отношению к древесине источнику углеродного и азотного питания.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ и правительства Свердловской области, Проект № 20-44-660012.

Литература

- Мухин В. А., Воронин П. Ю., Ладатко В. А. Интенсивность потоков $\text{C}-\text{CO}_2$ и H_2O при разложении древесной мортмассы трутовыми грибами // Вестн. МГУ. 2006. Сер. 16. № 4. С. 43–45.
- Мухин В. А., Патова Е. Н., Киселева И. С., Неустроева Н. В., Новаковская И. В. Мицетобионтные водоросли-симбионты дереворазрушающих грибов // Экология. 2016. № 2. С. 103–108. DOI: [10.7868/S0367059716020086](https://doi.org/10.7868/S0367059716020086)
- Мухин В. А., Патова Е. Н., Сивков М. Д., Новаковская И. В., Неустроева Н. В. Разнообразие и азотфиксирующая активность фототрофных мицетобионтов ксилотрофных грибов // Экология. 2018. № 5. С. 368–375. DOI: [10.1134/S1067413618050090](https://doi.org/10.1134/S1067413618050090)
- Неустроева Н. В., Мухин В. А., Новаковская И. В., Патова Е. Н. Гостальная изменчивость мицетобионтных водорослей // Вестн. Удмуртского ун-та. Сер. биол.: Науки о Земле. 2017. Т. 27. № 3. С. 291–296.
- Mukhin V. A., Neustroeva N. V., Patova E. N., Novakovskaya I. V. Lichen-like symbiotic associations of wood-decaying fungi and algae // Conference Paper «Ecology and Geography of Plants and Plant Communities». V. I: Biodiversity and Ecology of Photobionts. 2018. P. 134–142. DOI: [10.18502/kl.v4i7.3231](https://doi.org/10.18502/kl.v4i7.3231)
- Stoyneva M. P., Uzunov B. A., Gartner G. Aerophytic green algae, epimycotic on *Fomes fomentarius* (L. ex Fr.) Kickx // Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Biology. 2015. Bk. 2. № 99. P. 19–25.
- Videv P. V., Gartner G., Uzunov B. A., Dimitrova P. H., Stoyneva-Gartner M. P. Epimycotic algae on the medicinal fungus *Trametes versicolor* (L.) Lloyd // International Journal of Advanced Research in Botany (IJARB). 2017. V. 3. № 2. P. 18–26. DOI: [10.20431/2455-4316.0302004](https://doi.org/10.20431/2455-4316.0302004)
- Zavada M. S., Simoes P. The possible demi-lichenization of the basidiocarps of *Trametes versicolor* (L.: Fries) Pilat (Polyporaceae) // Northeast. Nature. 2001. V. 8. № 1. P. 101–112.

АНАЛИЗ БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РЕЧНЫХ ДОЛИН БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ

Нешатаев В. В.

*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

ANALYSIS OF THE BIODIVERSITY OF VEGETATION OF RIVER VALLEYS OF BOLSHHEZEMELSKAYA TUNDRA

Neshataev V. V.

*Komarov Botanical Institute Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia*

Corresponding e-mail: xssa@mail.ru

Summary: the field investigations were conducted in 2016, 2017, and 2019 in several parts of Bolshezemelskaya Tundra (the Nenets Autonomous Region). In total 155 relevés of vegetation cover of river valleys were used for the analysis. The analysis included the values and spatial patterns of different plant functional groups, species richness, total coverage, Shannon diversity index and the dominance relations. The altitude, exposition, and inclination were also taken into account. In total 196 vascular plant species were revealed in the relevés. The syntaxonomical diversity of river valleys was represented by 8 vegetation classes. For the revealed syntaxa the diagnostic, constant and dominant species were determined. The data obtained were used for elaborating a system of territorial units of vegetation cover. A vegetation classification suitable for large-scale vegetation mapping is under developing.

Keywords: vegetation, river valleys, tundra, syntaxonomy, beta-diversity

Анализ биоразнообразия растительности речных долин тундровой зоны трудно переоценить как в качестве индикатора экологических условий местообитания для хозяйственных и охранных целей, так и с точки зрения фундаментальных научных изысканий, связанных с использованием современных методов и накоплением оригинального материала об исследуемых объектах.

Полевые исследования проводились в 2016, 2017 и 2019 годах в разных районах Большеземельской тундры (Ненецкий автономный округ). Пробные участки (5 × 5 м) были заложены вдоль 20 профилей, проложенных по речным долинам. Были изучены характеристики рельефа местности (высота, относительная высота, экспозиция и наклон склона), закономерности распределения растительных сообществ, их видовой состав и образцы почв.

Анализ биоразнообразия проводился на основе оценки бета-разнообразия. Бета-разнообразие отражает экологическое разнообразие растительности конкретной территории. Оно оценивалось ординационными методами, а также на основе синтаксономии (deBello, 2010; Holmes, 2011).

Всего для анализа было использовано 155 описаний растительного покрова речных долин. Анализ включал оценку пространственного распределения различных функциональных групп растений, присутствие видов, общее обилие, индекс разнообразия Шеннона и соотношения доминирующих видов. Высота, экспозиция и наклон рельефа также были приняты

во внимание. Для определения классов растительности набор данных был проанализирован с использованием TWINSpan и PC-ORD в программе JUICE (Миркин, Наумова, 2012).

Синтаксономическое разнообразие речных долин было представлено 8 классами растительности (Mucina et al., 2016). Пойменная растительность представлена 4 классами. Засоленные маршевые сообщества (*Juncetea maritimi*) характерны для приречной части поймы небольших прибрежных рек. Пресноводная приречная пойма представлена осоковыми лугами (*Phragmito-Magnocaricetea*). Растительность более высоких уровней поймы обычно представлена сообществами разнотравно-злаковых лугов (*Mulgedio-Aconitetea*). Растительность пойм крупных рек часто представлена ивняками (*Betulo carpaticae-Alnetea viridis*), которые также занимают другие влажные местообитания в долинах. Для долин с развитыми процессами нивации характерны сообщества класса нивальных ниш (*Salicetea herbaceae*). Растительность на склонах представлена лугами (*Mulgedio-Aconitetea*) или сообществами производными от зональной тундровой растительности (*Carici arctisibiricae-Hylocomietea alaskanii*), которые также представлены по бровкам (Лавриненко и др., 2016). Кроме того, бровки заняты сообществами тундровых кустарников (*Loiseleurio procumbentis-Vaccinietea*), которые приурочены к легким дренированным песчаным почвам. Для выявленных синтаксонов были определены диагностические, константные и доминантные виды. Выделено более 20 низших синтаксонов (ассоциаций, субассоциаций, вариантов и фаций). Состав всех исследованных растительных сообществ был представлен 196 видами сосудистых растений.

Синтаксономическое разнообразие растительности речных долин обусловлено изменением главных комплексных градиентов. Наличие и степень изменения тех или иных градиентов связано с геоморфологическими условиями конкретных речных долин или их участков. Действие основного экологического градиента – увлажнения в зависимости от рельефа участка долины сочетается с комплексом иных факторов (засоление, нивация, солифлюкция и т.д.).

Полученные данные были использованы для разработки системы территориальных единиц растительного покрова. Разрабатывается классификация растительности, подходящая для крупномасштабного картирования растительности. Результаты анализа синтаксономического спектра растительности могут быть также использованы для решения задач геоботанического районирования.

Литература

- Лавриненко О. В., Матвеева Н. В., Лавриненко И. А. Предварительные итоги классификации растительности восточноевропейских тундр и новый класс для зональных местообитаний // Разнообразие и классификация растительности: сборник научных работ ГНБС. Ялта, 2016. Т. 143. С. 95–105.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: АНРБ, Гилем, 2012. 488 с.
- De Bello F., Lavergne S., Meynard Ch. N., Lepš J., Thuiller W. The partitioning of diversity: showing Theseus a way out of the labyrinth // J. Veget. Sci. 2010. V. 21. № 5. P. 992–1000.
- Holmes S. A., Webster C. R. Herbivore-included expansion of generalist species as a driver of homogenization in post-disturbance plant communities // Plant Ecol. 2011. V. 212. № 5. P. 753–768.
- Mucina et al. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. 2016. V. 19 (Suppl. 1). P. 3–264. DOI: [10.1111/avsc.12257](https://doi.org/10.1111/avsc.12257)

РАЗРАБОТКА ФЛОРИСТИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ И ИХ РОЛЬ В ИЗУЧЕНИИ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Никонова Н. Н., Пустовалова Л. А.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия

DEVELOPMENT FLORISTIC DATABASES AND THEIR ROLE IN STUDY BIODIVERSITY OF THE SVERDLOVSK REGION

Nikonova N. N.¹, Pustovalova L. A.²

¹*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

²*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0002-4250-9759](https://orcid.org/0000-0002-4250-9759)*

Corresponding e-mail: herbarium@ipae.uran.ru

Summary: a description of 4 regional floristic databases is provided. The principles of creating these databases are indicated, parameters reflecting the characteristics of the flora are listed.

Keywords: biodiversity inventory, data bank, endemic and relics

В настоящее время познание биоразнообразия на Земле и практическую деятельность по его сохранению невозможно представить без привлечения современных информационных технологий. Четко прослеживается тенденция создания глобальных и региональных информационных ресурсов на основе объединения в единую среду баз данных, библиотек и инструментов анализа, моделирования и создания качественно новой информации (Биоразнообразие..., 2006). Данные о флористическом разнообразии многих регионов нашей страны усилиями коллективов ученых включены в ряд информационных систем: «Электронный каталог сосудистых растений Азиатской России» (Федотов и др., 1998), база данных «Флора сосудистых растений Центральной России» (Заугольная, Ханина, 1996), онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран (Плантариум..., 2019) и других. Уральский регион достаточно полно изучен в геоботаническом и флористическом отношении. Здесь работали П. Н. Крылов, С. И. Коржинский, П. В. Сюзев, К. Н. Игошина, В. С. Говорухин, П. Л. Горчаковский и другие выдающиеся ботаники. Последняя опубликованная флористическая сводка, характеризующая фиторазнообразие Свердловской области, вышла более 20 лет назад (Определитель..., 1994). Н. Н. Никоновой с соавторами (1999) на основании информации о распространении видов по геоботаническим округам Свердловской области подсчитано видовое разнообразие для каждого из них. Установлено, что, несмотря на длительное антропогенное воздействие на растительный покров, сохраняется общая закономерность увеличения количества видов высших растений с севера на юг. Наибольшее флористическое разнообразие отмечено для горных, предгорных и лесостепных ландшафтов. Под руководством академика П. Л. Горчаковского создана информационно-поисковая система «Флора заповедных территорий Урала» (Горчаковский, Демченко, 2002). В настоящее время на

территории Свердловской области ведутся масштабные работы по инвентаризации современного флористического разнообразия (Князев и др., 2018), активно пополняется база данных отдела Гербарий Музея Института экологии растений и животных УрО РАН (SVER). В фондах Гербария хранится 123 657 листов, собранных с территории области. Начаты работы по созданию электронного каталога Гербария, формы доступны на сайте (<https://herbarium.ipae.uran.ru/>). На наш взгляд, сохраняется необходимость ведения и актуализации региональных флористических баз.

При создании базы данных предполагается сбор и организация исходной информации, которая будет определять в дальнейшем результат исследований. Выбор характеристик (параметров) при создании флористической базы данных может быть достаточно большим. Однако лучше всего определить такой набор, который будет потенциально индизировать объект исследований (флору), отражать макроструктуру территории и дифференциацию природной среды. Современный уровень развития информационных систем допускает хранение больших массивов данных различной структуры. В частности, электронные карты и базы данных позволяют выбирать, формулировать, моделировать и наиболее обоснованно оценивать биологическое разнообразие и сложность пространственной структуры изучаемой территории. Мы придерживались следующих принципов создания баз данных: полнота данных, исключение повторяющихся данных, распределение данных по тематическим таблицам. В банк данных включены параметры, отражающие особенности флоры: 1) перечень видов с указанием рода, семейства и авторства таксонов, который инвентаризирует флористический состав на изучаемой территории; 2) принадлежность вида к экологическому типу отражает экологическую индивидуальность видов и дает возможность определить современные экологические режимы растительных сообществ на рассматриваемой территории; 3) сведения о геоэлементах (долготных и широтных) позволяют выявить исторические связи и установить их соответствие современным экологическим режимам; 4) эколого-ценотическая группа (соотношение этих групп является исходным материалом для целей классификации растительности); 5) жизненная форма; 6) реликтовые и эндемичные виды, имеющие наибольшее значение при выяснении этапов формирования флоры и растительности. Характеристика имеющихся региональных флористических банков данных представлена ниже.

1. Создание базы данных «*Фиторазнообразие верхних поясов гор Северного и Южного Урала*» начато в конце 90-х годов XX века. В основу положены авторские геоботанические описания, выполненные на г. Конжаковский Камень (Свердловская обл.) и г. Ирмель (Республика Башкортостан), также данные из литературных источников и материалы гербариев по Северному и Южному Уралу. С использованием этой информации проведен анализ и дана оценка флористического разнообразия сосудистых растений 4 ботанико-географических объектов высокогорной части Урала: на региональном уровне (Северный и Южный Урал) и локальном (массивы Конжаковский Камень и Ирмель). В высокогорьях на Северном Урале отмечено 567 видов, на Южном – 409. Общих видов – 331, коэффициент флористической общности 51.3 %. Такую же закономерность демонстрируют флоры массивов Конжаковский Камень и Ирмель.

2. Банк данных «*Фиторазнообразие Красноуфимской лесостепи*» включает 960 видов растений, которые относятся к 107 семействам и 403 родам. Особое внимание уделялось реликтовым и эндемичным видам, которые составляют 10 % от общего числа видов (эндемичных – 25 видов, реликтовых – 71, из них плиоценовых – 25, плейстоценовых – 13, голоценовых – 33). При этом четвертая часть современной флоры лесостепи связана с широким проявлением антропогенного фактора. Происходит нивелировка экологических условий, и

получают развитие группы сорных и эвритопных видов. Для рассмотрения динамических тенденций флористического разнообразия проведен сравнительный анализ соотношения наиболее распространенных таксонов в различных временных интервалах: современный период (1968–2010 гг.) и пребореальный период голоцена (по палинологическим данным).

3. В основу банка данных «Фиторазнообразие природного парка «Оленьи ручьи»» положены авторские геоботанические описания, выполненные в 2002–2018 гг. в парке, опубликованные флористические сводки по этой территории, материалы гербария SVER. Содержится информация о характере распространения на территории парка 924 видов сосудистых растений, относящихся к 102 семействам и 402 родам. При этом 235 родов (58 %) моновидовые. Исчезновение любого из этих видов приведет к исчезновению рода в целом, следовательно, сократиться флористическое разнообразие. Это еще раз подтверждает необходимость строгого соблюдения регламента ООПТ. Особое внимание уделено эндемичным и реликтовым видам, составляющим 9 % от общего числа видов. База пополняется, планируется сеть маршрутов на прилегающей территории оценить возможность внедрения в состав сообществ парка инвазивных видов.

4. «Фиторазнообразие памятников природы – скальных обнажений рек Серга, Чусовая, Реж» начата в 2014 году. На настоящий момент включает 260 видов из 52 описаний, выполненных в 2002–2004, 2009–2013 годах при изучении растительных сообществ памятников природы этих рек. Выраженное в процентах отношение количества площадок, где был найден данный вид, к общему числу проб является коэффициентом встречаемости. Была построена кривая, по которой выделены 4 класса встречаемости: «очень часто», «часто», «спорадически», «редко».

Продолжается работа по ведению и актуализации региональных флористических баз данных. Представленные информационные ресурсы могут быть интегрированы в единую базу данных биологического разнообразия Уральского региона.

Литература

- Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование. Ред. В. К. Шумный, Ю. И. Шокин, Н. А. Колчанов, А. М. Федотов. Новосибирск: Сибирское отд. РАН, 2006. 648 с.
- Гербарий Музея Института экологии растений и животных УрО РАН (SVER). URL: <https://herbarium.ipae.uran.ru/>, свободный (дата обращения: 28.01.2020).
- Горчаковский П. Л., Демченко А. А. Сравнительная оценка флористического разнообразия особо охраняемых природных территорий // Экология. 2002. № 6. С. 403–411.
- Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г. Опыт разработки и использования баз данных в лесной фитоценологии. Лесоведение. 1996. № 1. С. 76–83.
- Князев М. С., Третьякова А. С., Подгаевская Е. Н., Золотарева Н. В., Куликов П. В. Конспект флоры Свердловской области. Ч. 3: Двудольные растения (Aristolochiaceae–Monotropaceae) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12. № 2. С. 4–95.
- Никонова Н. Н., Фамелис Т. В., Шурова Е. А. Экологическая дифференциация и биологическое разнообразие растительного покрова Свердловской области // Экология. 1999. № 3. С. 224–227.
- Определитель сосудистых растений Среднего Урала / П. Л. Горчаковский, Е. А. Шурова, М. С. Князев и др. М.: Наука, 1994. 525 с.
- Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. URL: <http://www.plantarium.ru/>, свободный (дата обращения: 28.01.2020).
- Федотов А. М., Артемов И. А., Ермаков Н. Б. Электронный атлас «Биоразнообразие растительного мира Сибири» // Вычислительные технологии. 1998. Т. 3. № 5. С. 68–78.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ TRY-DB ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННЫХ СТРАТЕГИЙ ВИДОВ

Новаковский А. Б., Маслова С. П., Далькэ И. В., Дубровский Ю. А.

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия

THE EXPERIENCE OF USING THE INTERNATIONAL DATABASE OF MORPHOLOGICAL TRAITS (TRY-DB) FOR THE ALLOCATION OF CSR FUNCTIONAL TYPES

Novakovskiy A. B.¹, Maslova S. P.², Dalke I. V.², Dubrovskiy Y. A.²

¹*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktvykar, Russia,
ORCID: [0000-0003-4105-7436](https://orcid.org/0000-0003-4105-7436)*

²*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktvykar, Russia*

Corresponding e-mail: novakovsky@ib.komisc.ru

Summary: in this paper we report about a brief history, most common traits and amount of data in the international plant traits database (TRY-DB). It is shown the TRY-DB data have a good correlation with obtained traits in the North condition. We found a lack of data in the photosynthetic and respiration rate. The TRY-DB is a useful database for scientific research but a key challenge is a further filling these gaps.

Keywords: plant traits, database, TRY-DB, leaf area (LA), specific leaf area (SLA), leaf dry matter content (LDMC), Plant height (PH), leaf nitrogen content (LNC), leaf carbon content (LCC)

Анализ морфологических, физиологических и функциональных показателей растений и их связей с биотическими, абиотическими и антропогенными факторами среды является одним из ключевых направлений экологии как науки. Накопленные к настоящему времени большие массивы данных и широкое внедрение информационных технологий позволяют проводить не только качественную, но и количественную оценку подобных связей. Внедрение баз данных и методов статистической обработки дает возможность моделировать существующие закономерности и прогнозировать поведение растительных сообществ при глобальных изменениях как на региональном, так и на глобальном уровнях. Создание моделей и количественный анализ требуют разработки систем по агрегации и хранению больших массивов данных, которые были получены в ходе экспериментальных исследований или полевых выездов.

Для решения задачи по агрегации данных в глобальном масштабе была создана специализированная база данных – TRY-DB (<https://www.try-db.org>), которая ориентирована на сбор морфологических, физиологических и химических показателей растений. Проект TRY-DB был начат в 2007 году в Институте биогеохимии общества Макса Планка (Германия). На сегодняшний день доступна пятая версия базы данных TRY, которая была открыта для свободного доступа 26 марта 2019 года. Она содержит 387 наборов данных, 11.8 миллионов

записей, более 2 000 показателей для 280 000 таксонов (преимущественно видов растений) (Kattge et al., 2020). Наибольшее количество записей содержат: форма роста растений (plant growth form) – 1.8 млн записей; толщина годовых колец у деревьев (treering width) – 800 тыс. записей и стратегия распространения (Dispersal syndrome) – 350 тыс. записей. Среди морфологических показателей наиболее широко представлены: высота растений (PH) – 250 тыс. (28 000 таксонов), содержание сухой массы в листе (LDMC) – 215 тыс. записей (6 700 таксонов) и масса семян – 210 тыс. записей (27 000 таксонов). Все данные являются открытыми и распространяются по лицензии Creative Commons BY 4.0, которая позволяет свободно использовать и распространять полученную информацию, но с обязательным указанием ее источника – базы данных TRY-DB.

Сотрудниками нашего института в TRY-DB было представлено два набора данных:

DataSet 453 – содержит информацию о морфологических (высота растений, сухая масса и площадь листьев, относительная масса листьев, содержание сухого вещества в листе), химических (содержание общего азота и углерода в листьях) и физиологических показателях (фотосинтетическая активность и скорость дыхания) растений, собранных на Приполярном и Северном Урале и в Приуралье. Общее количество записей – 5 700, видов – 190. Авторы данных А. Б. Новаковский, И. В. Дальке (Dalke et al., 2018). Доступ был открыт в марте 2019 г.;

DataSet 467 – содержит данные о фотосинтетических пигментах (хлорофиллах *a* и *b*, каротиноидах) для 160 видов сосудистых растений, 8 видов листостебельных мхов и 21 вида хлоро- и цианолишайников. Автор данных О. В. Дымова (Golovko et al., 2011). Доступ будет открыт в ближайшее время.

Мы использовали TRY-DB для расширения разработанной региональной модели оценки жизненных стратегий видов на основе их морфологических и функциональных показателей (Novakovskiy et al., 2016). Запрос включал в себя список видов (440 видов сосудистых растений, типичных для северных широт) и список морфологических и функциональных показателей, необходимых для работы модели (площадь и сухая масса листьев, содержание азота и углерода, высота растений, скорость дыхания и фотосинтетическая активность). Результатом запроса стал файл в формате TXT объемом около 200 Mb, содержащий более 340 тысяч записей. Каждая запись хранит в себе полную информацию об описываемом виде: номер и название набора данных, автор сбора, валидное название вида и его название в исходном наборе данных, ссылка на публикацию источника данных и один измеренный показатель. Причем к показателям относятся не только запрошенные морфологические или физиологические данные, но и географические координаты точки отбора проб, высота над уровнем моря, время отбора и другая вспомогательная информация. Таким образом, описание одного экземпляра растения в результирующем файле занимает как минимум 20–25 записей. С одной стороны, это кратно увеличивает объем файла и усложняет его первичную обработку, с другой – такой подход позволяет объединять различные наборы данных, сформированные разными специалистами, разные номенклатурные системы и разную информацию.

По результатам первичной обработки, усреднения данных и отбрасывания экземпляров растений, находящихся вне пределов интересующего нас региона (Центральная и Северная Европа), была получена информация о 330 видах растений (75 % от начального списка). Среди показателей чаще были представлены: высота растения (для 97 % видов), площадь и относительная площадь листьев (84 %). Химический состав был представлен заметно меньше: содержание азота в листьях имелось у 50 % видов, содержание углерода только у 30 %. К сожалению, после исключения видов по географическому принципу в полученной выборке не осталось ни одной записи о фотосинтетической и дыхательной активности видов.

Сравнение показателей из TRY-DB с данными, полученными в ходе наших полевых исследований, показало высокую степень сходства для морфологических показателей ($r = 0.63–0.82$, $p < 0.0001$) и среднюю степень корреляции для химических показателей (содержание азота и углерода в листьях) ($r = 0.42–0.44$, $p < 0.05$). Возможно, невысокая корреляция химических показателей между нашими данными и TRY-DB связана с высокой вариабельностью содержания азота в листьях растений в течение вегетационного периода.

Таким образом, наиболее полезными для наших целей являются морфологические показатели. Данные по химическому составу требуют дополнительного изучения. К сожалению, отсутствие данных (на момент запроса) по дыханию и фотосинтезу не позволило в полной мере реализовать потенциал TRY-DB. Надеемся, в дальнейшем, по мере развития базы данных, эти пропуски в данных будут существенно уменьшены, а представленная география видов расширена.

Благодарности

Исследование поддержано грантом РФФИ и правительством республики Коми (№ 18-44-110015).

Литература

- Dalke I. V., Novakovskiy A. B., Maslova S. P., Dubrovskiy Y. A. Morphological and functional traits of herbaceous plants with different functional types in the European Northeast // *Plant Ecology*. 2018. V. 219 (11). P. 1295–1305. DOI: [10.1007/s11258-018-0879-2](https://doi.org/10.1007/s11258-018-0879-2)
- Golovko T., Dymova O., Yatsko Y., Tabalenkova G. Photosynthetic pigments apparatus in the northern plants // Pessarakli M. (ed.). *Handbook of plant and crop stress*. 3rd ed. New York, NY: Marcel Dekker, 2011. P. 391–405.
- Kattge J., Boenisch G., Diaz S. et al. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access // *Global Change Biology*. 2020. V. 26. P. 119–188. DOI: [10.1111/gcb.14904](https://doi.org/10.1111/gcb.14904)
- Novakovskiy A. B., Maslova S. P., Dalke I. V., Dubrovskiy Y. A. Patterns of Allocation CSR Plant Functional Types in Northern Europe // *International Journal of Ecology*. 2016. V. 2016. P. e1323614. DOI: [10.1155/2016/1323614](https://doi.org/10.1155/2016/1323614)

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ИССЛЕДОВАНИЯХ
МОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ МЯТЛИКОВ (*POA* L.)
НА ТЕРРИТОРИИ АЗИАТСКОЙ РОССИИ**

Олонова М. В., Высоких Т. С.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

**AN EXPERIENCE OF USING GIS-TECHNOLOGIES IN RESEARCHES
OF MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF THE BLUEGRASSES (*POA* L.)
IN THE TERRITORY OF ASIAN RUSSIA**

Olonova M. V., Vysokikh T. S.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Corresponding e-mail: olonova@list.ru

Summary: the research of distribution of the basic qualitative characteristics and their combinations (morphotypes) was undertaken in order to reveal the genetic diversity of the bluegrasses of section *Stenopoa* in Asian Russia. High phenetic diversity of *Stenopoa* bluegrass indicated indirectly their high genetic diversity in Asian Russia. The highest phenotypic richness were found in Altai-Sayan mountain system and in the Baikal region.

Keywords: biogeography, phenetic diversity, Russia, *Poa* L., DIVA-GIS

Изучение и сохранение биоразнообразия как основы стабильного функционирования биосферы является одной из актуальных проблем современности. Оценка фиторазнообразия является фундаментальной основой всех дальнейших ботанических исследований. Особое значение имеет изучение и охрана генетического разнообразия, поскольку именно последнее является основой эволюционной пластичности видов и формирования ответа на изменения окружающей среды. Первичные скрининговые исследования генетического разнообразия малоизученных таксонов обыкновенно проводятся на основе анализа пространственного размещения фенетических маркеров (состояний высоко генетически детерминированных качественных признаков). При этом исследование особенностей распространения отдельных фенов позволяет выявить механизмы формообразования, пространственные тенденции в развитии внутривидовой изменчивости, образование центров многообразия, позволяет решать важные проблемы внутривидовой систематики и эволюции (Яблоков, 1980).

Мятлики (*Poa* L.) секции *Stenopoa* Dumort. являются удобной моделью для исследования пространственного размещения отдельных фенов. Секция *Stenopoa* – одна из крупнейших в роде и представлена в основном на территории Евразии, ее эволюция шла по пути ксерофилизации (Цвелев, 1972). По степени ксероморфности все виды секции можно условно разделить на 4 эволюционно-экологические группы, каждая из которых представляет собой новую ступень эволюции. Маркером является положение верхнего узла.

Целью данной работы явилось исследование распространения на территории Азиатской России различных состояний основных качественных признаков (фенов) и их комбинаций –

морфотипов, и территорий, отличающихся их наибольшим богатством и разнообразием. Это позволит получить ценные ботанико-географические сведения для целей систематики и изучения российской флоры в целом, создать научную основу для выделения особо охраняемых природных территорий, определить места сбора материалов для депозитариев. Выявление и сравнение климатических предпочтений фенотипов и морфотипов – задача будущего исследования.

Для картирования распространения мятликов секции *Stenopoa* и дальнейшего анализа данных были использованы гербарные коллекции (ALTB, KUZ, LE, MAG, MO, MW, NS, NSK, SASY, TK, UUN, VLAD), а также данные, приведенные в «Арктической флоре СССР» (Цвелев, 1964), сводке «Растения советского Дальнего Востока» (Пробатова, 1985), «Флоре Сибири» (Олонова, 1990). Всего по гербарным образцам и литературным данным было выявлено около полутора тысяч местонахождений, 1 144 из них были включены в различного рода анализы. Для обработки и визуализации материала были использованы программы DIVA-GIS 5 (Hijmans et al., 2005) и ArcGIS (ESRI, 2012). Карта богатства районов Сибири различными морфотипами секции *Stenopoa* была получена на основании картирования выявленных морфотипов и растрового картирования. Растровое картирование, выполненное программой DIVA-GIS, позволяет учитывать количество разных морф, приходящееся на небольшой квадрат площади – ячейку растра (Sheldeman, van Zonneveld, 2010).

В качестве фенетических маркеров, помимо положения верхнего узла на стебле, были приняты 4 ключевых признака: наличие или отсутствие пучка длинных извилистых волосков на каллусе нижней цветковой чешуи, характер поверхности оси колоска (2 состояния), длина язычка (3 состояния), характер поверхности нижней цветковой чешуи между жилками (2 состояния).

Картирование распространения 1 144 местонахождений мятликов секции, относящихся к четырем эколого-эволюционным группам, позволило дополнить картину распространения как отдельных фенотипов, так и морфотипов в целом и выявить широкое распространение мезоморфной группы и закономерную приуроченность ксероморфных растений к горам юга Сибири и Дальнего Востока.

Исследования распределения отдельных фенотипов на территории Азиатской России показали следующее. Голый каллус нижних цветковых чешуй встречается на территории Азиатской России относительно редко, однако его частоты в разных эволюционно-экологических группах сильно различаются. Если у мезоморфных видов (I эволюционно-экологическая группа) он встречается редко (2 %) и в популяциях всегда преобладают особи с нормально развитым пучком волосков на каллусе, то у ксеромезоморфных (II группа) он становится обычным (25 %). У мезоксероморфных мятликов (III группа) он встречается относительно редко, но в Забайкалье растения этой группы с голым каллусом обычны. У ксероморфных мятликов (IV группа) это состояние становится не просто обычным, но и преобладающим. Исследования показали, что растения с голым каллусом нижней цветковой чешуи сосредоточены главным образом на юге Сибири и на Сахалине. В горах Центральной Азии среди ксероморфных мятликов секции *Stenopoa* особи с голым каллусом нижних цветковых чешуй преобладают. Приуроченность этого фена к горам Южной Сибири позволяет предположить наличие генетических связей между центральноазиатской и сибирской группами мятликов.

Фен опушенной оси колоска обычно образует устойчивые сочетания с коротким, менее 1 мм, язычком. В целом же голая ось колоска встречается значительно чаще, чем опушенная (соответственно 63 и 27 %). Опушенная ось колоска спорадически отмечается на всей территории Сибири и Дальнего Востока, но заметно преобладает в юго-восточных районах.

Фен опушенных между жилками нижних цветковых чешуй, похоже, наиболее редкий. В I и II группах он не встречается вообще, относительно редок и в III и в IV группах. Распространен он главным образом на юге Сибири, но встречается и в северо-восточных районах, где, возможно, вошел в генотип благодаря гибридизации с местными популяциями *P. glauca* Vahl или непосредственно с видами секции *Abbreviatae* Nannf.

По разным причинам длина язычка не была измерена у 19 % особей, включенных в анализ. Главным образом это крайне ксероморфные растения, принадлежащие к IV группе. У оставшихся наблюдались такие соотношения между группами: у 36 % язычок был короче или равен 1.2 мм; у 12 % был больше 1.2, но менее 2 мм; и у 52 % превышал или равнялся 2 мм.

Исследования распространения состояний ключевых признаков (фенов) в целом на территории Азиатской России показало и разную их встречаемость, и разное распределение. Более редкими фенами можно признать голый каллус нижней цветковой чешуи по сравнению с опушенным, опушенную ось колоска по сравнению с голой и опушенные между жилками нижние цветковые чешуи по сравнению с голыми.

Значительно больший интерес представляет учет и распределения различных морфотипов – комбинаций вышеперечисленных фенов. На исследуемой территории эти состояния признаков с учетом уровня ксероморфности теоретически могут образовать 96 комбинаций. Исследования, проведенные на территории Сибири и Российского Дальнего Востока, выявили 47 морфотипов. Из них наиболее часто встречающимися оказались четыре, соответствующие шести известным видам. Вместе с тем 6 морф оказались редкими, встречающимися по одному разу, и 4 – по два раза. Почти все они представляют собой предположительно гибридные формы. Однако не отмечается приуроченности этих морф к какому-то определенному району, все они спорадично разбросаны по территории Сибири, но, как правило, произрастают в горных районах, где, как известно, биоразнообразие выше.

Растровое картирование, выполненное с помощью программы DIVA-GIS, показало, что самое высокое морфологическое богатство секции (до 9–10 морф на квадрат) было закономерно выявлено на Алтае, несколько ниже, но все равно довольно высокое – в Прибайкалье. Это еще раз подтверждает тезис Л. И. Малышева об особом богатстве алтайской флоры. Высоко также и ее разнообразие, которое даже выше, чем на Дальнем Востоке.

Исследования мятликов секции *Stenopoa* с применением ГИС-технологий подтвердили высокое фенетическое разнообразие на территории Азиатской России, что косвенно может свидетельствовать о разнообразии генетическом. Многие особи даже на основании ключевых диагностических признаков формально не могут быть отнесены ни к одному из ныне описанных видов, поскольку сочетают признаки двух и более видов. Наибольшее морфологическое разнообразие и богатство форм было обнаружено на территории Алтае-Саянской системы и в Байкальском регионе.

Проведенные исследования показали перспективность использования ГИС-технологий для исследования внутриродового и внутривидового разнообразия.

Благодарности

Авторы благодарят кураторов гербариев ALTB, KUZ, LE, MAG, MO, MW, NS, NSK, SASY, TK, UUN, VLAD за предоставленную возможность работы с коллекциями. Исследования поддержаны грантами РФФИ (19-04-00973) и Научного фонда им. Д. И. Менделеева Томского государственного университета.

Литература

- Олонова М. В. *Poa* L. – Мятлик // Флора Сибири. Т. 2. Новосибирск, 1990. С. 163–186.
- Пробатова Н. С. Семейство мятликовые или злаки // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 1. Л., 1985. С. 89–382.
- Цвелев Н. Н. К систематике мятликов (*Poa* L.) европейской части СССР // Новости систематики высших растений. 1972. Т. 9. С. 47–54.
- Цвелев Н. Н. *Poa* L. – Мятлик // Арктическая флора СССР. Вып. 2. М.; Л., 1964. С. 112–162.
- Яблоков А. В. Фенетика: Эволюция, популяция, признак. М.: Наука, 1980. 136 с.
- ESRI. ArcGIS Desktop and Spatial Analyst Extension: Release 10.1. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, 2012.
- Hijmans R. J., Guarino L., Jarvis A. et al. DIVA-GIS, version 5.2. Manual. 2005. URL: http://www.diva-gis.org/DIVA-GIS5_manual.pdf
- Schelderman X., van Zonneveld M. Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. Rome: Biodiversity International, 2010. 180 p.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОДНОПОЛЫХ И ДВУПОЛЫХ ВИДОВ ЯЩЕРИЦ РОДА *DAREVSKIA*

Осипов Ф. А.¹, Бобров В. В.¹, Дергунова Н. Н.¹, Неймарк Л. А.¹,
Вергун А. А.^{2,3}, Аракелян М. С.⁴, Петросян В. Г.¹

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия*

²*Институт биологии гена РАН, Москва, Россия*

³*Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия*

⁴*Ереванский государственный университет, Ереван, Армения*

ECOLOGICAL AND GENETIC CHARACTERISTICS OF UNISEXUAL AND BISEXUAL SPECIES OF LIZARDS GENUS *DAREVSKIA*

Osipov F. A.¹, Bobrov V. V.², Dergunova N. N.², Neymark L. A.²,
Vergun A. A.^{3,4}, Arekelyan M. S.⁵, Petrosyan V. G.²

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,*

ORCID: [0000-0002-0904-1752](https://orcid.org/0000-0002-0904-1752)

²*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

³*Institute of Gene Biology of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

⁴*Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia*

⁵*Department of Biology, Yerevan State University,
Yerevan, Armenia*

Corresponding e-mail: osipov_feodor@mail.ru

Summary: in this study, an integrated approach was developed to identify the main predictor variables that determine the distribution of unisexual and their parental bisexual rock lizards in the Caucasus. For the parthenogenetic lizard *Darevskia rostombekowi*, the multiclonal structure was revealed and 8 predictor ecological variables were determined.

Keywords: parthenogenesis, microsatellite, ecological predictors, modeling

Партеногенетические скальные ящерицы представляют собой уникальную модель для генетических и экологических исследований. С момента открытия партеногенеза в этой группе в конце 50-х годов XX века на территории Армении были получены важнейшие результаты цитогенетического, молекулярно-генетического (аллозимного, митохондриальной ДНК, микросателлитной ДНК) анализов однополо-двуполых комплексов видов ящериц рода *Darevskia* (Даревский, 1967; Uzzell, Darevsky, 1975; Мартиросян и др., 2002; Осипов и др., 2016; Ryskov et al., 2017). Все эти результаты указывают на концепцию гибридогенного видообразования у позвоночных животных, состоящую в формировании новых однополых гибридных видов (несущих в себе геномы, унаследованные от двух близкородственных родительских видов). В данной работе выявлены основные экологические предикторы, которые

оказывают влияние на распространение партеногенетических форм ящериц и их двуполых родительских видов на примере скальной ящерицы *Darevskia rostombekowi* и ее родительских двуполых видов. Также на основе применения микросателлитных маркеров была установлена клональная структура популяций партеногенетического вида *D. rostombekowi* на территории Армении. Скальная ящерица *D. rostombekowi*, как и все партеногенетические виды рода *Darevskia*, возникла в результате гибридизации между близкородственными двуполыми видами. «Материнским» видом считается *D. raddei*, а «отцовским» – *D. portschinskii* (Uzzell, Darevsky, 1975). Гибридный геном и особенности механизмов размножения облигатным партеногенезом накладывают ограничения на фенотипическое разнообразие, распределение и адаптацию клонов к изменяющимся условиям окружающей среды, поэтому важна оценка клонального разнообразия и механизмов его формирования у данных форм. Для оценки клонального разнообразия был проведен молекулярно-генетический анализ с использованием четырех микросателлитных локусов Du215, Du281, Du323 и Du47G (Осипов и др., 2016; Ryskov et al., 2017). На основании полученных данных было установлено 7 клональных линий, неравномерно распространенных в исследуемых популяциях, что указывает на мультиклональную структуру исследованных популяций *D. rostombekowi*. Гибридный геном, полученный от родительских видов, в значительной мере определяет экологические предпочтения клонального вида. Поэтому в результате исследования, основанного на 118 отобранных валидных точках находок партеновида *D. rostombekowi* (49 – литературные данные и 69 собственных полевых записей), было выявлено, что средняя температура сухой четверти года (Т), расстояние до дорог (Н), средняя солнечная радиация (S), коэффициент вариации осадков (Pv), изотермичность (I), сумма осадков в самой теплой четверти года (Р), стандартное отклонение температур (D) и высота над уровнем моря (Е) являются основными экологическими предикторами, которые оказывают влияние на формирование пространственного распределения партеногенетических ящериц на территории Армении, Нагорного Карабаха и Азербайджана. Из этого следует, что набор переменных, определяющих пригодные местообитания, в значительной степени связан с термическими условиями и влажностью в сухой и теплый период года соответственно, а также годовыми коэффициентами вариации этих переменных. Из 8 выявленных переменных только 5 (Т, Н, S, Р, Е) являются общими для партеногенетического вида и его родительских двуполых видов, и по ним партеногенетический вид занимает «промежуточное» значение относительно родительских видов или значения этих переменных лежат вне зоны толерантности родительских видов, что обусловлено его гибридным происхождением.

Благодарности

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 18-34-00361. Сбор, анализ и подготовка данных проведены благодаря финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-00-00427 (17-00-00430). Авторы также благодарны ESRI (США) за предоставление бесплатной лицензионной версии ArcGIS Desktop Pro 10.6.1 (ESRI Sales Order number: 3128913; ESRI Delivery number: 81833751; User customer number: 535452).

Литература

- Даревский И. С. Скальные ящерицы Кавказа: систематика, экология, филогения полиморфных ящериц подрода *Archaeolacerta*. Л.: Наука, 1967. 214 с.
- Мартirosyan И. А., Рысков А. П., Петросян В. Г., Аракелян М. С., Асланян А. В., Даниелян Ф. Д., Даревский И. С. Токарская О. Н. Изменчивость мини- и микросателлитных маркеров ДНК в популяциях партеногенетической скальной ящерицы *Darevskia rostombekovi* // Генетика. 2002. Т. 38. № 6. С. 828–835.

- Осипов Ф. А., Вергун А. А., Гирнык А. Е., Кутузова Н. М., Рысков А. П. Молекулярно-генетическая характеристика аллельных вариантов микросателлитных локусов Du281, Du215 и Du323 у партеногенетических ящериц *Darevskia rostombekovi* (сем. Lacertidae) // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2016. Т. 34. № 2. С. 58–61.
- Ryskov A. P., Osipov F. A., Omelchenko A. V., Semyenova S. K., Girnyk A. E., Korchagin V. I., Vergun A. A., Murphy R. W. The origin of multiple clones in the parthenogenetic lizard species *Darevskia rostombekowi* // PLoS ONE. 2017. V. 12 (9). e0185161. DOI: [10.1371/journal.pone.0185161](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185161)
- Uzzell T., Darevsky I. S. Biochemical evidence for the hybrid origin of the parthenogenetic species of *Lacerta saxicola* complex (Sauria: Lacertidae) with a discussion of some ecological and evolutionary implications // Copeia. 1975. V. 2. P. 204–222.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭКОГЕОГРАФИЧЕСКИХ АГРЕГАЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Османова Г. О.¹, Животовский Л. А.²

¹Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия

²Институт общей генетики РАН, Москва, Россия

USE OF GIS TECHNOLOGIES FOR DELINEATION OF ECOGEOGRAPHIC AGGREGATIONS OF RARE PLANT SPECIES

Osmanova G. O.¹, Zhivotovsky L. A.²

¹Mary State University, Yoshkar-Ola, Russia

²Institute of General Genetics RAS, Moscow, Russia

Corresponding e-mail: gyosmanova@yandex.ru

Summary: we suggest the concept of ecogeographic aggregations of plant species, according to which populations of various species are delineated on thematic geographic maps into spatially and environmentally close groups (aggregations). The approach is illustrated with an example of 38 rare plant species of the Middle Volga region.

Keywords: GIS technologies, biological species, plants, population, geography, ecology, ecogeographic units and aggregations, rare species, nature conservation

Изучение редких видов является частью исследования общего биологического разнообразия, которое имеет важное прикладное значение, так как позволяет оценить уровень генетического потенциала, дает представление о состоянии экосистем на определенной территории, служит основой менеджмента отдельных видов.

На территории Республики Марий Эл более 150 видов растений занесены в Красную книгу (2013). Важно определить места совместного обитания редких видов, чтобы обеспечить их одновременную охрану. Для этого следует выявить агрегации этих видов, основываясь на накопленной информации об их распространении и адаптации к условиям местообитаний.

Выделение крупных видовых единиц должно было бы методологически основываться на данных о спектре наследуемых признаков, обуславливающих адаптацию популяций данного вида к условиям своей среды обитания. Однако на сегодня такие данные недоступны, поскольку мало что известно о генетике адаптаций даже для хорошо изученных видов, несмотря на успехи широкогеномного секвенирования. Использование же ДНК-маркеров, многие из которых являются селективно нейтральными или близкими к тому, позволяет выделить различающиеся, изолированные друг от друга сегменты вида, но не осуществить дифференциацию популяций по адаптивным характеристикам. Таково положение дел для большинства редких видов травянистых растений. В качестве выхода из этой ситуации была предложена концепция *экогеографических единиц* (ЭГЕ, или EGU – ecogeographic unit), выделяемых для вида по доступным данным о градиентах среды обитания и миграционных особенностях (генных потоках), а затем тестируемых по показателям генетического сходства с помощью

ДНК-маркеров (Животовский, 2016, 2017). Следуя этой концепции, мы предложили учитывать важные для растений характеристики среды обитания – почвенные условия, типы растительности, особенности климата и др. – с помощью их картографического описания (Животовский, Османова, 2018). Согласно предложенному подходу (Животовский, Османова, 2018, 2019) ЭГЕ данного вида растений выделяется как совокупность географически близких популяций (ценопопуляций), которые занимают территорию, относительно однородную по указанным выше, важным для этого вида характеристикам среды, и связаны друг с другом потенциальными генными потоками. Под «потенциальным» генным потоком понимается возможность обмена между популяциями за одно или несколько поколений; для приблизительной оценки дальности потенциального генного потока мы условно выбираем величину, кратную радиусу разноса пыльцы и диаспор (семян, плодов, спор и др.), известную из полевых наблюдений. Мы решили применить этот подход для выделения совокупности ЭГЕ редких видов растений на примере флоры Республики Марий Эл.

Объектами исследования были выбраны 38 редких видов растений разных жизненных форм из 23 семейств. Данные о распространении вида в республике взяты из Красной книги (2013) и других наших материалов. В качестве меры связности местообитаний одного вида возможными генными потоками в чреде поколений мы выбрали 5-км радиус вокруг каждого местообитания исследованных нами видов. При описании среды обитания подробно анализировали характеристики условий среды, в частности картографические данные по типам почв (Национальный атлас..., 2018), рельефу (Карта рельефа..., 2018) и ООПТ РМЭ (Богданов, Демаков, Исаев, 2015).

Для подразделения территории на однородные участки использовали ГИС-технологии анализа тематических географических карт (Quantum GIS, 2017). Для этого в программный пакет QGIS 2.18.15 загружали карты типов почв, рельефа и других параметров, а на них проецировали местообитания исследованных видов с известными координатами. Затем вокруг каждого местообитания описывали круг радиусом 5 км; соседние местообитания считали связными, если эти круги пересекались. Кроме того, если связные местообитания характеризовались одним типом почв, одним типом рельефа и т.п., их относили к одной ЭГЕ. Каждая ЭГЕ может состоять как из одного, так и из нескольких местообитаний данного вида. Никаких априорных ограничений на число местообитаний в одном ЭГЕ, на площадь и количество разных ЭГЕ одного и того же вида в данном регионе не налагается.

Согласно физико-географическому районированию Республики Марий Эл (Ступишин, Лаптева, Васильева, 1969) исследованные нами виды можно отнести к лесостепной области возвышенного Предволжья, южно-таежной области Марийской низменности и южно-таежной области возвышенности Вятского увала. Используя наш подход (Животовский, Османова, 2018, 2019; Османова и др., 2019), для каждого из 38 видов мы выделили ЭГЕ. Экогеографические единицы двух или большего числа разных видов, расположенные территориально близко друг к другу и находящиеся в сходных почвенных и иных условиях, можно объединить в многовидовые *экогеографические агрегации* (ЭГА). Всего нами выделено 11 ЭГА исследованных редких видов Республики.

Возникает вопрос, с какими условиями среды обитания связана пространственная кластеризация ЭГЕ разных видов, позволяющая объединить их в ЭГА? Рассмотрим отдельные ЭГА. Первая экогеографическая агрегация (ЭГА-1) состоит из ЭГЕ шести видов. Данная локальность для пяти из этих видов является северной или северо-восточной границей их ареалов (Красная книга ..., 2013), шестой вид – ужомик обыкновенный – циркумбореальный вид и приурочен в основном к лесной зоне и лесному поясу гор, что отличает южную часть

Горномарийского района. Другой пример – самая большая по числу видов ЭГА-5, которая включает семь видов, относящихся к разным биоморфам и экологическим группам. ЭГА-5 находится в Волжском районе, который является северной границей всех этих видов. Большинство других ЭГА (№ 6–8, 11) сконцентрированы в зоне Марийско-Вятского увала, сложное развитие которого вызвано тектоническими движениями (Васильева, 1979). Здесь отмечены карбонатные почвы и близкое залегание мергелей, что является предпочтительным для включенных в эти агрегации видов и приводит к группированию их ценопопуляций на одних и тех же участках. Далеко не все из этих участков входят в существующие или планируемые природоохранные зоны, несмотря на то, что обширная географическая сеть ООПТ РМЭ охватывает основные типы ландшафтов – лесные, луговые, водные и болотные.

Выделенные нами участки территории, занимаемые многовидовыми ЭГА редких видов растений, можно рассматривать как перспективные для создания новых охраняемых природных территорий в Республике Марий Эл. Особенно это важно для входящих в агрегации видов, находящихся на грани исчезновения, например для водных растений *Najas major*, *Najas flexilis*, *Zannichellia repens* и *Trapa natans*: загрязнение и эвтрофикация водоемов привели к резкому сокращению популяций этих видов. Добавим, что, помимо многовидовых экогеографических агрегаций, внимания требуют и те редкие виды, которые не вошли ни в одну из выделенных ЭГА, например *Anemonoides altaica*, – для них необходима организация видовых заказников.

Реализация нашего подхода с использованием ГИС технологий к выделению ЭГЕ растений и ЭГА редких видов основывается на информации, полученной из тематических географических карт и Красных книг. Определение ЭГА редких видов позволяет применить к выделению ООПТ научно обоснованные методы. Например, на территории РМЭ мы предлагаем расширить границы существующих и проектируемых ООПТ и включить в их состав сопредельные территории, на которых выделены экогеографические агрегации (ЭГА-1, 4–6, 9, 10), создать новые ООПТ, включающие другие ЭГА (с учетом имеющихся коммуникаций, сельскохозяйственных угодий и других ограничений).

Благодарности

Работа была проведена по гостеме «Генетические технологии в биологии, медицине, сельскохозяйственной и природохозяйственной деятельности (Эколого-генетическая структура вида)» в части сбора материалов и гранту РФФИ № 18-016-00033 в части анализа данных.

Литература

- Богданов Г. А., Демаков Ю. П., Исаев А. В. Схема развития сети ООПТ РМЭ. Йошкар-Ола, 2015. 125 с.
URL: <https://b-kokshaga.ru/science/production/> (дата обращения: 11.01.2018).
- Васильева Д. П. Ландшафтная география Марийской АССР. Йошкар-Ола: Мар. кн. изд-во, 1979. 134 с.
- Животовский Л. А. Две ветви исследований популяционной структуры вида – экологическая и генетическая: история, проблемы, решения // Генетика. 2017. Т. 53. С. 1244–1253.
- Животовский Л. А. Популяционная структура вида: Экогеографические единицы и генетическая дифференциация популяций // Биология моря. 2016. Т. 42. С. 323–333.
- Животовский Л. А., Османова Г. О. Популяционная биогеография растений. Йошкар-Ола: ООО «Вертикаль», 2019. 128 с.
- Животовский Л. А., Османова Г. О. Эколого-географический подход к выявлению популяционной структуры вида у растений // Экология и география растений и растительных сообществ: труды конф. Екатеринбург, 2018. С. 282–285.
- Карта рельефа Республики Марий Эл. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Relief_map_of_Mari_El.png (дата обращения: 11.01.2018).

- Красная книга Республики Марий Эл. Т. «Растения. Грибы». Сост. Г. А. Богданов, Н. В. Абрамов, Г. П. Урбанавичус, Л. Г. Богданова. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. 324 с.
- Национальный атлас почв Российской Федерации. URL: <https://soilatlas.ru/> (дата обращения: 04.01.2018).
- Османова Г. О., Богданов Г. А., Животовский Л. А. Выделение многовидовых экогеографических агрегаций редких видов растений в целях организации охраняемых природных территорий (на примере флоры Республики Марий Эл) // Экология. 2019. № 5. С. 373–377.
- Ступишин А. В., Лаптева Н. Н., Васильева Д. П. Физико-географическое районирование территории Марийской АССР // Географический сборник. № 4. Казань: КГУ, 1969. С. 3–8.
- Quantum GIS. 2017. URL: <http://www.gisenglish.com/2017/12/download-free-qgis-21815-for-windows.html> (дата обращения: 21.12.2017).

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
В МОДЕЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ
ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ФИТОПЛАНКТОННЫХ ВИДОВ
В РАЙОНЕ ЗАПАДНОКАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА**

Пак С. Я., Абакумов А. И.

*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН,
Владивосток, Россия*

**USING REMOTE SENSING DATA IN A MODEL STUDY
OF SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON SPECIES
IN THE REGION OF THE WESTERN KAMCHATKA SHELF**

Pak S., Abakumov A.

*Institute of Automation and Control Processes, FEB RAS,
Vladivostok, Russia*

Corresponding e-mail: packsa@iacp.dvo.ru

Summary: a method for estimating the integral biomass under a unit area is constructed. The phytoplankton abundance in the West Kamchatka shelf was studied using satellite data. The dynamics of the species structure of phytoplankton was revealed. The calculations are confirmed by literature data.

Keywords: mathematical model, remote sensing, satellite, phytoplankton, species structure

Дистанционные методы наблюдения достаточно развиты на сегодняшний день и продолжают совершенствоваться. С их помощью стало возможно наблюдение за цветностью океана, которая играет индикаторную роль в определении фитопланктона по хлорофиллу *a*. Существенное ограничение дистанционных методов состоит в том, что обработке доступен только верхний слой. При этом биомасса, сосредоточенная в толще воды, может существенно менять картину распределения по пространству. Возникает задача реконструирования доли фитопланктона, локализованной ниже приповерхностного слоя. Для этого применяется аппарат математического моделирования в связке с дистанционными данными. Выбран район западнокамчатского шельфа, являющийся одним из наиболее важных промысловых районов. Используется модель функционирования фитопланктона в зависимости от глубины. Рассматривается стационарный вариант модели, предполагающий ряд допущений, а именно то, что процесс происходит в фиксированный момент времени, иными словами, в неподвижном столбе воды. Таким образом, гидрологические эффекты нивелируются.

$$\frac{dy}{dx} = \left[\frac{d\mu}{dx} - e(y) \right] y, \quad \frac{dI}{dx} = -k(y, z)I. \quad (1)$$

Система вида (1) представляет собой стационарную модель, основанную на концепции функции адаптивности (Пак, Абакумов, 2019; Динамическая теория..., 1974).

Здесь $y(x)$ – плотность биомассы фитопланктона (г/м^3);

$z(t, x)$ – плотность массы минеральных веществ (г/м^3);

$I(t, x)$ – освещенность поверхности океана и ее распределение ($\text{Ем}^{-2}\text{сут}^{-1}$) по глубине x (м).

$\mu(z, I, u) = \mu_0 \cdot \mu_z(z) \cdot \mu_I(I) \cdot \mu_u(u)$ – скорость роста сообщества, совпадающая в данной концепции с удельной скоростью роста фитопланктона. Принята мультипликативная зависимость от регулирующих факторов среды.

Коэффициент μ_0 – максимально возможная скорость роста фитопланктона,
 $\mu_z(z) = \frac{z}{(z_0 + z)}$ (Monod, 1949),

где z_0 – константа полунасыщения по биогенному питанию;

$$\mu_I(I) = \frac{I}{(I_0 + I)} \text{ (Jørgensen, 2010);}$$

I_0 – константа полунасыщения по освещенности;

$$\mu_\theta(\theta) = \frac{\theta_1^2}{(\theta - \theta_{opt})^2 + \theta_1^2}, \theta_{opt} \text{ – оптимальная для роста фитопланктона температура водной}$$

среды;

u_1 – масштабирующий коэффициент, контролирующий поведение функции $\mu_u(u)$ при отклонении температуры от оптимальной;

$e(y)$ – удельная скорость элиминации фитопланктона.

Второе уравнение системы (1) имитирует ослабление освещенности с глубиной, обусловленное преломлением водных слоев, затенением фитопланктоном и взвешенной органикой. Соответствующее распределение описывается функцией

$$k(t, z, y) = k_0 + k_1 y + k_2 z,$$

где k_0 – коэффициент общей мутности воды;

k_1 – коэффициент затенения фитопланктоном;

k_2 – коэффициент затенения минеральными веществами (Abakumov et al., 2015).

Распределение температуры и биогенных элементов задается внешними функциями. Модель верифицирована на основе экспедиционных измерений *in situ* (Мониторинг состояния..., 2015).

Поставленная задача была решена для каждого полугодического периода (с мая по октябрь 2015–2016 гг.) на участке с 54° по 59° с. ш. и со 154° по 157° в. д. В качестве начальных данных использованы среднемесячные показатели состояния поверхностного слоя, полученные дистанционными методами. Разброс среднемесячных температур в одинаковые периоды двух лет, очевидно, обусловлен степенью суровости зим в соответствующие годы (Лучин, Круц, 2016). Помимо температурных показателей и концентраций биогенов в число проб, проанализированных после отбора на стационарных станциях, вошли концентрации хлорофилла на трех горизонтах (Мониторинг состояния..., 2015), которые использовались для верификации параметров системы (1).

Визуальный анализ полученных результатов численного решения системы (1) позволяет сделать вывод о том, что наиболее интенсивная репродукция фитопланктона происходит в весенний и осенний периоды. Модельные расчеты согласуются с качественным описанием воспроизводства растительных микроорганизмов в наблюдаемом регионе. Согласно анализу проб, отобранных с целью мониторинга гидробионтов, изложенному в (Мониторинг состояния..., 2015), большую часть биомассы фитопланктона формируют диатомовые. При описании вегетации диатомей в умеренных широтах, приведенной в (Характеристика

некоторых..., 2015), обнаружена преобладающая по отношению к другим сезонам продуктивность данной группы видов весной и осенью, что обусловлено, по мнению авторов, палеоклиматическими особенностями региона. Кроме того, отмечается, что во время похолоданий период вегетации диатомей значительно увеличивается, в результате чего последние становятся лидирующими в альгологическом составе.

Суммируя информацию о биологической ситуации в 2015 году, можно отметить почти двукратное преобладание диатомовых видов по сравнению с динофитовыми, что, учитывая анализ преобладающих видов, свидетельствует в целом о низкотемпературных предпочтениях фитопланктонного сообщества в наблюдаемом участке.

В результате зимнего похолодания в 2016 году структура фитопланктонного сообщества претерпела изменения в пользу диатомовой группы микроводорослей. Сравнение полученного модельного распределения фитопланктона с картой средних температур, зарегистрированных спутниковым спектрорадиометром, показывает, что наибольший всплеск интегральной биомассы приходится на те районы, где температура колеблется от 4 до 7 °С. На основании расчетов можно сделать предположения о видовом составе сообщества микроводорослей. Активно вегетируют те виды, температурный оптимум которых лежит в промежутке от 4 до 7 °С. Полученные значения температурного оптимума совпадают с таксономическим описанием некоторых характерных для региона видов, в частности *Chaetoceros decipiens* (Орлова и др., 2003) и *Chaetoceros furcellatus* (Лепская и др., 2009), отмеченных в качестве основы доминантного комплекса в 2016 году (Доклад..., 2017).

Благодарности

Авторы выражают благодарность Центру коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды (ЦКП РСМОС) за сбор данных и лаборатории компьютерной графики Института автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук за оцифровку и преобразование топографического материала.

Работа частично поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований № 18-01-00213 и грантом Комплексной программы фундаментальных научных исследований «Дальний Восток» (проект № 18-5-051).

Литература

- Динамическая теория биологических популяций. Под ред. Р. А. Полуэктова. М.: Наука, 1974. 456 с.
- Доклад об экологической ситуации в Камчатском крае в 2016 году. Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. Петропавловск-Камчатский, 2017. 374 с.
- Лепская Е. В., Коломейцев В. В., Тепнин О. Б., Коваль М. В. Фитопланктон у юго-западного побережья Камчатки в середине лета 2007 г. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2009. Вып. 15. С. 21–33.
- Лучин В. А., Круц А. А. Характеристики ядер водных масс Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 184. С. 204–218.
- Мониторинг состояния окружающей среды на Западно-Камчатском лицензионном участке в 2015–2016 гг.: информ. бюл. Красноярск; Петропавловск-Камчатский, 2015. 376 с.
- Орлова Т. Ю., Шевченко О. Г., Гогорев Р. М. Род *Chaetoceros* Ehr. (Bacillariophyta) в дальневосточных морях России // Ботанический журнал. 2003. Т. 88. № 1. С. 52–58.
- Характеристика некоторых Дальневосточных диатомитов / А. С. Авраменко, М. В. Черепанова, В. С. Пушкарь, С. Б. Ярусова; Биол.-почв. ин-т ДВО РАН // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 6. С. 1206–1220: ил. N 57.
- Abakumov A., Izrailsky Yu., Park S. Functioning of the phytoplankton in seas and estimates of primary production for aquatic ecosystems // Developm. Environment. Modelling. 2015. V. 27. P. 339–349.

- Jørgensen S. E. Lake management. Water development, supply and management. Oxford: Pergamon Press, 1980. V. 14.
- Monod J. The growth of bacterial cultures // Annual Review of Microbiology. 1949. V. 111. № 2. P. 371–394.
- Pak S. Ya., Abakumov A. I. Mapping of model estimates of phytoplankton biomass from remote sensing data // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer, 2019. P. 73–79. DOI: [10.1007/978-3-030-11720-7_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7_11)

**РАСТЕНИЯ-ТРАНСФОРМЕРЫ
НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ:
АНАЛИЗ ДАННЫХ СЕТОЧНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ**

Панасенко Н. Н., Харин А. В., Холенко М. С.

Брянский государственный университет, Брянск, Россия

**TRANSFORMER PLANTS IN THE TERRITORY
OF THE BRYANSK REGION:
ANALYSIS OF NETWORK MAPPING DATA**

Panasenko N. N., Kharin A. V., Kholenko M. S.

Bryansk State University, Bryansk, Russia

Corresponding e-mail: panasenkobot@yandex.ru

Summary: the distribution of transformer plants (*Acer negundo*, *Acorus calamus*, *Amelanchier spicata*, *Aster* × *salignus*, *Echinocystis lobata*, *Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Solidago canadensis*, *Zizania latifolia*) in the Bryansk region is considered. As a result of the analysis of grid mapping data, the status of some species has changed.

Keywords: invasive species, transformers, grid mapping, Bryansk region

Оценка распространения инвазионных растений на территории Брянской области (Россия) выполнена методом картографирования на сеточной основе. Результаты подобных работ весьма наглядны, а накопленный объем флористического материала позволяет выполнять пространственно-статистический анализ больших массивов хронологических данных (Серегин, 2013).

Территория Брянской области разбита на 390 ячеек в соответствии с градусной сеткой; базовая ячейка – 5 градусов по широте и 10 по долготе, площадь ячейки – около 104 км². Выполнено 330 флористических маршрутов в 215 ячейках в период 2011–2019 гг. Для расчета активности инвазионных видов использовалась методика, при которой учитывается встречаемость вида на маршруте и особенности его внедрения в естественные и полустественные местообитания (Панасенко, Ващекин, 2012). Для составления карт распространения, помимо собственных наблюдений, использованы многочисленные литературные источники по флоре региона, данные гербариев (BRSU, MW, МНА, LE) и платформы iNaturalist (<https://www.inaturalist.org>).

Инвазионные виды-«трансформеры» активно внедряются в естественные и полустественные сообщества, изменяют облик экосистем, нарушают сукцессионные связи, выступают в качестве эдификаторов и доминантов, образуя значительные по площади одновидовые заросли, вытесняют и (или) препятствуют возобновлению видов природной флоры (Баранова и др., 2018). Ранее растения-«трансформеры» выделены на основании разработанной балльной шкалы (Панасенко, 2013, 2014), в которой распространение видов фактически не учитывалось и основной акцент был сделан на способность к внедрению и преобразованию растительных сообществ и нарушению сукцессионных связей. Ряд заносных видов

на территории Брянской области проявляет некоторые признаки растений-трансформеров (*Asclepias syriaca*, *Bidens frondosa*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Erigeron annuus*, *Galega orientalis*, *Helianthus tuberosus*, *Hippophaë rhamnoides*, *Impatiens grandulifera*, *Solidago gigantea*, *Thladiantha dubia*, *Parthenocissus inserta*, *Reynoutria* × *bohemica*, *Robinia pseudoacacia*, *Rudbeckia laciniata*, *Vinca minor*), но на основании интегративных критериев этим растениям присвоен другой статус.

К трансформерам (Панасенко, 2014) были отнесены: *Acer negundo*, *Acorus calamus*, *Amelanchier spicata*, *Aster* × *salignus*, *Echinocystis lobata*, *Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Solidago canadensis*, *Zizania latifolia*. Ниже указаны основные характеристики распространения этих видов.

Acer negundo зарегистрирован в 214 ячейках, отмечен на 299 флористических маршрутах, на 124 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 31 клен формирует монодоминантные сообщества. На маршрутах, где *A. negundo* не отмечен, флористический маршрут пролегал вдали от населенных пунктов, по лесным массивам.

Acorus calamus зарегистрирован в 41 ячейке, отмечен на 41 флористическом маршруте, на 26 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 17 аир формирует монодоминантные сообщества *Acoretum calami* Knapp et Stoff. 1962. Весьма показательно, что эти сообщества находятся недалеко от населенных пунктов.

Amelanchier spicata зарегистрирован в 94 ячейках, отмечен на 94 флористических маршрутах, на 54 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 11 ирга формирует монодоминантные дериватные сообщества *Pinus sylvestris-Amelanchier spicata* [*Vaccinio-Piceetea*].

Symphyotrichum aggr. (включает трудноразличимые виды американских астр *Symphyotrichum laeve*, *S. novi-belgii* и *S. salignum*) зарегистрирован в 139 ячейках, отмечены на 162 флористических маршрутах, на 19 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 9 астра формирует монодоминантные сообщества.

Echinocystis lobata зарегистрирован в 184 ячейках, отмечен на 230 флористических маршрутах, на 105 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 29 *E. lobata* формирует монодоминантные сообщества ассоциации *Urtico dioicae-Echinocystietum lobatae* Bulokhov et Kharin 2008.

Heracleum sosnowskyi Manden. В 1980–1986 гг. при изучении флоры левобережных районов Брянской области были отмечены единичные растения только в 2 ячейках, а в настоящее время в тех же районах *H. sosnowskyi* отмечен в 32 ячейках, причем в некоторых из них заносный вид формирует значительные более 1 000 м² сообщества. Зарегистрирован в 87 ячейках, отмечен на 87 флористических маршрутах, на 13 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 6 борщевик формирует монодоминантные сообщества ассоциации *Urtico dioicae-Heracleetum sosnowskyi* Panasenکو et al. 2014 (Панасенко и др., 2014; Panasenکو, 2017).

Lupinus polyphyllus зарегистрирован в 137 ячейках, отмечен на 143 флористических маршрутах, на 21 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 1 люпин формирует монодоминантные сообщества.

Solidago canadensis зарегистрирован в 190 ячейках, отмечен на 206 флористических маршрутах, на 33 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, из них в 6 золотарник формирует монодоминантные сообщества.

Zizania latifolia зарегистрирован в 2 ячейках, отмечен на 2 флористических маршрутах, на 2 маршрутах отмечено внедрение в естественные сообщества, где цицания формирует монодоминантные сообщества.

Анализ распространения инвазионных растений привел к пересмотру инвазионного статуса *Acorus calamus*, *Symphyotrichum* aggr., *Echinocystis lobata*, *Lupinus polyphyllus*, *Zizania latifolia* и исключению этих растений из «трансформеров».

Причины этого решения следующие:

Характер распространения *Acorus calamus* позволяет предположить антропогенное происхождение его сообществ (в большинстве случаев) в естественных местообитаниях. В связи с ксерофитизацией пойм рек Днепровского бассейна сообщества *Acorus calamus* деградируют, и мы не можем утверждать, что аир в настоящий момент активно распространяется в регионе;

Zizania latifolia отмечен только в 2 ячейках и, хотя в природных местообитаниях цицания формирует монодоминантные сообщества площадью более 1 000 м², распространение этого вида ограничено в связи с отсутствием семенного размножения;

Североамериканские астры *Symphyotrichum* aggr., несмотря на достаточно обширное распространение, встречаются прежде всего в антропогенных и полуестественных местообитаниях, а случаи их внедрения в естественные местообитания приурочены к окрестностям населенных пунктов. Интенсивному распространению астр, по-видимому, мешает низкое семенное возобновление;

Мониторинговые наблюдения за сообществами *Echinocystis lobata* в поймах рек в 2008–2019 гг. показали, что численность и обилие *E. lobata* значительно меняются в зависимости от погодных условий и сохранности семян, которые активно поедаются мышевидными грызунами (Булохов и др., 2018). Это делает непостоянным соотношение доминантов в сообществах и не позволяет *E. lobata* длительно препятствовать возобновлению аборигенных растений и существенно нарушать сукцессионные схемы. В условиях постоянного нарушения местообитания и регулярного заноса семян *E. lobata* может длительно удерживать местообитания;

Lupinus polyphyllus формирует длительно существующие сообщества в полуестественных местообитаниях, а в естественных местообитаниях выступает скорее в роли ассектатора, а не эдификатора. Но возможно, что в результате микроэволюционных процессов люпин станет более агрессивным видом.

Методика сеточного картографирования позволяет получить достоверную информацию о встречаемости и распространении видов на изучаемой территории. Анализ этой информации можно использовать в мониторинговых исследованиях динамики флоры и антропогенной эволюции растительного покрова.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 16-54-00063, 18-54-00036.

Литература

- Баранова О. Г., Щербаков А. В., Сенатор С. А., Панасенко Н. Н., Сагалаев В. А., Саксонов С. В. Основные термины и понятия, используемые при изучении чужеродной и синантропной флоры // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12. № 4. С. 4–22.
- Булохов А. Д., Семенищенков Ю. А., Панасенко Н. Н. Нитрофитные травяные сообщества класса *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preisinger von Rochow 1951 в Сожско-Деснинском междуречье // Растительность России. 2018. № 33. С. 19–40.

- Панасенко Н. Н. Растения-«трансформеры»: признаки и особенности выделения // Вестник Удмуртского ун-та. Сер.: Биология. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С. 17–22.
- Панасенко Н. Н. Черный список флоры Брянской области // Российский журнал биологических инвазий. 2014. Т. 7. № 2. С. 127–132.
- Панасенко Н. Н., Ващекин А. И. Инвазионные растения и их активность на территории заповедника «Брянский лес» и охранной зоны // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья: материалы IV Международной научной конференции. М.; Ижевск, 2012. С. 159–161.
- Панасенко Н. Н., Харин А. В., Ивенкова И. М., Куликова Е. Я. Сообщества растений трансформеров: ассоциация *Urticodioicae-Heracleetum sosnowskyi* // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. 2014. № 2 (5). С. 48–53.
- Серегин А. П. Сеточное картирование флоры: мировой опыт и современные тенденции // Вестник Тверского государственного университета. 2013. Т. 32. С. 210–245.
- Panasenko N. N. On certain issues of biology and ecology of Sosnowsky's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden) // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. V. 8. Issue 3. P. 272–281.

**ПРОГНОЗНЫЕ КАРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЕСА СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ
ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА В ТЕЧЕНИЕ XXI ВЕКА**

Парфенова Е. И., Чебакова Н. М.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

**PREDICTED SEED WEIGHT DISTRIBUTIONS
OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN RUSSIA IN A WARMING CLIMATE
DURING THE XXI CENTURY**

Parfenova E. I.¹, Tchbakova N. M.²

¹*Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia,
ORCID: [0000-0002-3221-1457](https://orcid.org/0000-0002-3221-1457)*

²*Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia,
ORCID: [0000-0002-4208-6792](https://orcid.org/0000-0002-4208-6792)*

Corresponding e-mail: lyeti@ksc.krasn.ru

Summary: our goal was to build a bioclimatic regression model relating seed weight as a key trait of seed quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and climate factors; to apply our model to predict seed weight distributions over Russia in altered climates by 2100 modeled using twenty CMIP5 climate models and two scenarios RCP 2.6 (moderate) and RCP 8.5 (extreme).

Keywords: Scots pine, seed weight, a bioclimatic model, climate change

Введение

Качество семян определяет будущее возобновление и распространение древесных пород. Одной из самых распространенных пород, составляющих как искусственные, так и естественные лесные насаждения на территории России, является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Лесоводы прошлого века (Мамаев, 1973; Правдин, 1964; Черепнин, 1980; и др.) уже установили некоторые качественные и количественные зависимости веса семян сосны, от условий местопроизрастания. Целью нашей работы являлось получение биоклиматической модели, связывающей вес семян сосны с климатическими параметрами местообитаний и дающей возможность прогнозирования изменений этого интегрального показателя успешности роста с прогнозируемым изменением климата на территории России.

Материалы и методы

Для проведения сопряженного анализа нами была создана база данных, где для 200 происхождений семян сосны, распределенных по территории России и бывших союзных республик, были зафиксированы координаты, вес и климатические параметры. Вес семян был взят из опубликованных данных В. Л. Черепнина (1980); климатические параметры – январская и июльская температуры, годовые осадки, продолжительность вегетационного периода (выше 5 °C) и холодного (ниже 0 °C) периодов, суммы температур за определенные периоды (выше 5 °C, ниже 0 °C), годовые осадки – из «Справочников по климату СССР» (1964–1974 гг.: www.meteo.ru); также были рассчитаны показатели относительного увлажнения.

Сопряженный анализ проводился в пакете STATISTICA v. 8.0 методом многомерной линейной регрессии.

Прогнозные сценарии будущего климата для 2080-х годов текущего века были получены из двадцати моделей общей циркуляции атмосферы CMIP5 и двух сценариев изменения климата – мягкого RCP 2.6 и жесткого RCP 8.5, отображающих умеренный и максимальный уровни глобального потепления приземного слоя воздуха (www.ipcc-data.org). Подробное описание расчетов и построений слоев прогнозного климата можно найти в публикации (Parfenova et al., 2019).

Визуализация климатических слоев, расчеты и визуализация слоев веса семян базового и будущего климата проводились в растровом пакете TerrSet v. 18.21.

Результаты и их обсуждение

Было получено уравнение линейной регрессии, связывающее вес семян сосны обыкновенной с январскими и июльскими температурами и годовыми осадками. Уравнение справедливо для территории России, коэффициент детерминации $R^2 = 0.68$; стандартная ошибка – 0.6 г. В соответствии с этой зависимостью была построена карта распределения веса семян сосны обыкновенной для современного климата на территории России. Анализ уравнения показывает, что при увеличении июльской температуры на 1 °C, вес семян увеличивается на 0.56 г, а при увеличении январской температуры на 5 °C, вес семян увеличивается на 0.43 г. Наша модельная карта распределения веса семян хорошо согласуется с реальным пространственным изменением веса семян сосны на карте В. Л. Черепнина (1980), что подтверждается значением каппа-статистики «хорошо». Также были получены карты распределения веса семян сосны для условий прогнозного климата конца текущего века по сценариям изменения климата мягкого RCP 2.6 и жесткого RCP 8.5. Средние значения аномалий составляли в зависимости от сценария: для июльской температуры 1.5–2.0 и 4.0–6.0 градусов; для январской: 3.0–4.0 и 8.0–12.0 градусов; для годовых осадков: 30–70 и 60–100 мм на территории России. В соответствии с этим увеличение веса семян для местообитаний в условиях нового климата может достигать от 1 до 4 и более граммов.

Северная и северо-восточная граница распространения сосны обыкновенной ограничиваются наличием вечной мерзлоты, но по широким долинам сибирских рек сосна может подниматься до 69–70° с. ш. (Побединский, 1979). Продвижение ареала сосны следует за увеличением активного почвенного слоя, вызванным таянием вечной мерзлоты, которое достаточно инерционно и происходит медленнее, чем потепление приземного воздуха. Поэтому мы ограничили расчеты изменения веса семян современным географическим ареалом сосны обыкновенной в России.

Заключение

Предыдущими исследователями было замечено увеличение веса семян сосны при продвижении с севера на юг по территории России; были получены количественные региональные зависимости веса семян от теплоресурсов территории для таких крупных регионов, как европейская часть СССР, северо-западный Казахстан, Западная и Средняя Сибирь, Восточная Сибирь (Черепнин, 1980). Мы смоделировали общую биоклиматическую зависимость веса семян для всей территории России, которая включает термические условия как летнего, так и зимнего периода. Поскольку прогнозный климат показывает более сильное потепление в зимний период, особенно в высоких широтах, этот показатель существенно удлиняет вегетационный период.

Полученные карты прогнозных распределений веса семян сосны показывают существенное перемещение семян сосны обыкновенной с большим весом к северу, что расширит территории заготовки семян сосны для целей искусственного лесоразведения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 20-05-00540.

Литература

- Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973. 284 с.
- Побединский А. В. Сосна. М.: Лесная промышленность, 1979. 128 с.
- Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. М.: Наука, 1964. 192 с.
- Черепнин В. Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1980. 182 с.
- Parfenova E. I., Tchebakova N. M., Soja A. J. Assessing landscape potential for human sustainability and 'attractiveness' across Asian Russia in a warmer 21st century // Environmental Research Letters. 2019. V. 14. 065004. DOI: [10.1088/1748-9326/AB10A8](https://doi.org/10.1088/1748-9326/AB10A8)

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШ ПАРТЕНОГЕНЕТИЧЕСКИХ
И РОДИТЕЛЬСКИХ ВИДОВ РОДА *DAREVSKIA*
НА ОСНОВЕ МНОГОЛЕТНИХ ДАННЫХ УЧЕТА
И КЛИМАТИЧЕСКИХ, ТОПОГРАФИЧЕСКИХ
И ЛАНДШАФТНЫХ ПРЕДИКТОРОВ**

Петросян В. Г.¹, Осипов Ф. А.¹, Бобров В. В.¹, Дергунова Н. Н.¹,
Омельченко А. В.¹, Даниелян Ф. Д.², Аракелян М. С.²

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

²*Ереванский государственный университет, Ереван, Армения*

**DEVELOPMENT OF SPECIES DISTRIBUTION
AND RELIZED NICHES MODELS OF PARTENOGENETIC
AND PARENTAL SPECIES OF THE GENUS *DAREVSKIA*
BASED ON LONG TERM MONITORING DATA AND CLIMATE,
TOPOGRAPHIC AND LANSCAPE PREDICTORS**

Petrosyan V. G.¹, Osipov F. A.², Bobrov V. V.², Dergunova N. N.²,
Omelchenko A. V.², Danielyan F. D.³, Arakelyan M. S.³

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,*

ORCID: [0000-0002-7483-5102](https://orcid.org/0000-0002-7483-5102)

²*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,*

³*Yerevan State University, Yerevan, Armenia*

Corresponding e-mail: petrosyan@sevin.ru

Summary: an integrated approach for constructing maps of suitable habitats and ecological niches of parthenogenetic and their parental species of the genus *Darevskia* in the Caucasus is presented. It is shown that this approach is a powerful tool for analyzing species-specific requirements of lizards for the habitat and differentiating their niches in the multidimensional space of predictor variables.

Keywords: *Darevskia*, GBIF, distribution range, niches, SDM, RNM, prediction, modelling

В настоящее время установлено, что облигатный партеногенез очень редок у позвоночных животных, и среди рептилий он известен только у 0.46 % видов (Fujita, Moritz, 2010). При облигатном партеногенезе женские половые клетки (яйцеклетки) развиваются во взрослом организме без оплодотворения (Darevsky et al., 1985; Kearney et al., 2009). Переход от полового размножения к партеногенезу возможен благодаря как минимум двум генетическим особенностям. Во-первых, развитие зиготы начинается и протекает независимо от факта оплодотворения самцом и наличия сперматозоидов. Во-вторых, мейоз модифицирован так, чтобы поддерживать ploidy дочернего организма. Рептилии являются единственными

среди хордовых, у которых некоторые виды размножаются партеногенезом. Пресмыкающиеся, преодолев ограничения полового размножения, представляют в связи с этим значительный интерес в качестве объектов для изучения особенностей экологии и эволюции истинного партеногенеза. Стадии однополого размножения, хоть и происходят быстрее, чем этапы полового процесса, однако порождают проблемы, с которыми сталкиваются партеногенетические линии организмов: это накопление вредных мутаций и наличие устойчивых паразитарных инфекций. Тем не менее, партеногенетические линии, долгое время сосуществующие с близкими бисексуальными «родственниками», являются исключительными объектами исследования, позволяющими выявить ключевые биологические особенности, обеспечивающие долгосрочное эволюционное сохранение однополых форм. Поэтому один из важных вопросов экологии и эволюции партеногенетических линий – выявление механизмов сосуществования бисексуальных и однополых форм. Несмотря на определенные успехи в изучении однополого размножения, происхождения и эволюции партеногенеза у рептилий, клонального разнообразия и гипервариабельных последовательностей геномов, для многих партеногенетических видов (*D. armeniaca*, *D. dahli*, *D. rostombekowi*, *D. unisexualis*, *D. uzzelli*, *D. saphirina*, *D. bendimahiensis*) а также родительских (*D. valentini*, *D. portschinskii*, *D. raddei*, *D. mixta*) (Uzzell, Darevsky, 1975; Moritz et al., 1992; MacCulloch et al., 1995; Murphy et al., 2000; Freitas et al., 2016; и др.), нет четкого представления о границах и перекрывании их ареалов, а также о видоспецифических параметрах факторов среды, определяющих область их распространения.

Цель нашего исследования – выявление факторов, определяющих границы распределения видов и оценка меры перекрывания экологических ниш для модельных партеногенетических (*D. dahli*, *D. armeniaca*) и их «родительских» двуполых видов (*D. mixta*, *D. valentini*, *D. portschinskii*) на основе многолетних данных о местах находок, а также на основе измеренных климатических, топографических и ландшафтных параметров.

Для достижения поставленной цели нами создана векторно-растровая база данных точек находок и предикторных переменных по климату (21), рельефу (3) и ландшафту (7) (Petrosyan et al., 2019a, 2019b). Векторная база данных точек присутствия создана в среде ArcGIS Desktop 10.6.1 с использованием полевых записей находок (1957–2019 гг.), музейных, литературных источников и записей, представленных в Глобальной базе данных о биоразнообразии (GBIF). Растровые данные включали 19 стандартных биоклиматических переменных (World Clim), характеризующих ежегодные тенденции, сезонность и диапазон изменения температуры и осадков, а также 2 переменные по солнечной радиации и скорости ветра (<http://worldclim.org/version2>). В качестве данных о рельефе местности были использованы растровые слои высот над уровнем моря, углов наклона и экспозиции точек находок с использованием SRTM (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) в среде ArcGIS Desktop 10.6.1. Данные по землепользованию, автомобильным и железным дорогам, населенным пунктам, рекам, типам растительности, почвам для района исследования, включая территории Армении, Грузии и Азербайджана, были получены из открытого ресурса OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>).

Анализ данных был выполнен с помощью пяти последовательных этапов. Этап 1 – подготовка векторных данных точек находок и растровых данных предикторных климатических, топографических и ландшафтных переменных в среде ArcGIS 10.6.1. Этап 2 – пространственное разреживание точек находок и предикторных переменных. Этап 3 – определение параметров модели MaxEnt по информационному критерию AIC. Этап 4 – построение моделей распространения видов (SDM) с использованием метода максимальной

энтропии и реализованных ниш (RNM) в пространстве главных компонент (PCA). Этап 5 – сравнительный анализ RNM (ширины, сходства, перекрывания, сдвига) и количественных характеристик использования биотопов.

Нами показано, что применение комплексного подхода к моделированию экологических ниш является мощным инструментом для анализа видоспецифических требований ящериц к среде обитания и дифференциации их ниш в многомерном пространстве предикторных переменных. Более того, если SDM характеризуют потенциальные пригодные местообитания, доступные для расширения ареалов в будущем, то метод с помощью ординации позволяет проводить анализ RNM «дочернего» и «родительских» видов в настоящем, чтобы измерить их перекрывание, а также сходство и различие. Этот многогранный подход, который редко применяется к партеногенетическим линиям рода *Darevskia* (Petrosyan et al., 2019a), позволяет надежно представлять экологические ниши и оценить степень разделения ниши между конкурирующими и/или сосуществующими видами. Наши данные свидетельствуют о том, что генетически детерминированные и экологически значимые различия между клональной формой и ее «родительскими» видами способствуют сосуществованию этих видов в Закавказье. Основываясь на наших результатах, мы можем предложить набор факторов окружающей среды, которые контролируют распределение партеногенетической формы скальной ящерицы (*D. dahli*, *D. armeniaca*) и «родительских» двуполых видов (*D. mixta*, *D. valentini*, *D. portschinskii*) в Закавказье. Различие экологических условий обитания в форме дифференциации ниш мы рассматриваем как механизм, способствующий существованию этих форм.

Эти результаты ценны для фундаментальной экологии и изучения биоразнообразия, а также для практических мероприятий по организации природоохранных и рекреационных программ на уровне регионов и стран.

Благодарности

Исследования поддержаны грантами РФФИ 17-00-00427 (17-00-00430 (К)) и 18-34-00361 мол_а. Авторы также благодарны ESRI (США) за предоставление бесплатной лицензионной версии ArcGIS DesktopPro 10.6.1 (ESRI Sales Order number: 3128913; ESRI Delivery number: 81833751; User customer number: 535452).

Литература

- Darevsky I. S., Kupriyanova L. A., Uzzell T. M. Parthenogenesis in reptiles // Gans C., Billett F. (eds.). Biology of the Reptilia. New York: John Wiley and Sons Inc, 1985. Vol. 15. Development B. P. 412–526.
- Freitas S., Rocha S. Campos J., Ahmadzadeh F., Corti C., Sillero N., Ilgaz Ç., Kumlutaş Y., Arakelyan M., Harris D., Carretero J. Parthenogenesis through the Ice Ages: a biogeographic analysis of Caucasian rock lizards (genus *Darevskia*) // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2016. V. 102. P. 117–127.
- Fujita M. K., Moritz C. Origin and evolution of parthenogenetic genomes in lizards: current state and future directions // Cytogenetic and Genome Research. 2010. V. 127. P. 261–272.
- Kearney M., Fujita M. K., Ridenour J. Lost Sex in the Reptiles: Constraints and Correlations // Schön I., Martens K., Van Dijk P. (eds.). Lost sex. Berlin: Springer Publications, 2009. P. 447–474.
- MacCulloch R. D., Murphy R. W., Kupriyanova L. A., Darevsky I. S., Danielyan F. D. Clonal variation in the parthenogenetic rock lizard *Lacerta armeniaca* // Genome. 1995. V. 38. P. 1057–1060.
- Moritz C., Uzzell T., Spolsky C., Horts H., Darevsky I., Kupriyanova L., Danielyan F. The maternal ancestry approximate age of parthenogenetic species of Caucasian lizards (Lacerta: Lacertidae) // Genetica. 1992. V. 87. P. 53–62.
- Murphy R., Darevsky I., Kupriyanova L., MacCulloch R., Fu J. A fine line between sex and unisexuality: the phylogenetic constraints on lacertid lizards // Zoological Journal of the Linnean Society. 2000. V. 130. P. 527–549.
- Petrosyan V. G., Osipov F. A., Bobrov V. V., Dergunova N. N., Omelchenko A. V., Danielyan F. D., Arakelyan M. S. Analysis of geographical distribution of the parthenogenetic rock lizard *Darevskia armeniaca* and its parental species (*D. mixta*, *D. valentini*) based on ecological modelling // Salamandra. 2019a. V. 55 (3). P. 173–190.

- Petrosyan V. G., Osipov F. A., Bobrov V. V., Dergunova N. N., Danielyan F. D., Arakelyan M. S. New records of *Darevskia armeniaca* (Méhely, 1909) and *Darevskia valentini* (Boettger, 1892) (Squamata, Sauria, Lacertidae) from Armenia and updated geographic distribution maps // Check List. 2019b. V. 15. P. 21–31.
- Uzzell T., Darevsky I. S. Biochemical evidence for the hybrid origin of the parthenogenetic species of *Lacerta saxicola* complex (Sauria, Lacertidae) with a discussion of some ecological and evolutionary implications // Copeia. 1975. V. 2. P. 204–222.

**КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ РАСШИРЕНИЯ АРЕАЛОВ
САМЫХ ОПАСНЫХ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Дергунова Н. Н., Омельченко А. В.

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

**MODELS OF RANGE EXPANSION OF THE MOST DANGEROUS
INVASION PLANTS SPECIES IN RUSSIA UNDER THE CONDITIONS
OF GLOBAL CLIMATE CHANGE**

Petrosyan V. G.¹, Osipov F. A.², Dergunova N. N.², Omelchenko A. V.²

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,*

ORCID: [0000-0002-7483-5102](https://orcid.org/0000-0002-7483-5102)

²*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

Corresponding e-mail: petrosyan@sevin.ru

Summary: the results of a comparative analysis of the ecological niches of 29 of the most dangerous invasive plant species in the native and invasive parts of their ranges are presented, and the dynamics of the expansion of these species in Russia under various climate change scenarios is evaluated.

Keywords: GBIF, distribution range, GIS, SDM, RNM, invasions, prediction, modelling

Введение

Выявление видоспецифических требований чужеродных видов к параметрам среды является ключевым для прогнозирования риска расширения ареалов в условиях глобальных изменений климата. Это особенно важно для прогноза биологических инвазий самых опасных инвазионных видов, которые наносят существенный ущерб природным и искусственным экосистемам, здоровью населения и экономике страны. В монографии, посвященной самым опасным инвазионным видам России (Самые..., 2018) была разработана методология выбора приоритетных видов-мишеней для контроля инвазий на территорию России, включающая систему основных форм взаимодействия чужеродных и аборигенных видов, а также базовые положения и стратегические задачи международного и национального уровня по сохранению биоразнообразия «Aichi Biodiversity Target 9». На основе разработанной методологии впервые в России составлен список 100 (ТОП-100) наиболее опасных (инвазионных) видов, которые могут являться приоритетными объектами для контроля. Для этих видов-мишеней собрана и обобщена имеющаяся информация по их распространению, особенностям образа жизни, основным инвазионным коридорам и векторам расселения, воздействию на аборигенные виды и экосистемы, влиянию на здоровье и хозяйственную деятельность человека. В подготовленный впервые список ТОП-100 входили 29 видов сосудистых растений (*Ambrosia psilostachya*

(амброзия голометельчатая), *Ambrosia trifida* (амброзия трехраздельная), *Amelanchier spicata* (ирга колосистая), *Bidens frondosa* (череда олиственная), *Cyclachaena xanthifolia* (циклахена дурнишниковлистная), *Echinocystis lobata* (колючеплодник лопастный), *Elodea canadensis* (элодея канадская), *Epilobium adenocaulon* (кипрей железистостебельный), *Erigeron annuus* (мелколепестник однолетний), *Erigeron canadensis* (мелколепестник канадский), *Fraxinus pennsylvanica* (ясень пенсильванский), *Galinsoga parviflora* (галинзога мелкоцветковая), *Galinsoga quadriradiata* (галинзога четырехлучевая), *Heracleum sosnowskyi* (борщевик Сосновского), *Hordeum jubatum* (ячмень гривастый), *Impatiens glandulifera* (недотрога железистая), *Impatiens parviflora* (недотрога мелкоцветковая), *Lupinus polyphyllus* (люпин многолистный), *Oenothera biennis* (энотера двулетняя), *Parthenocissus vitacea* (девичий виноград виноградный), *Reynoutria × bogemica* (Houtt.) (рейнутрия богемская), *Rosa rugosa* (шиповник морщинистый), *Solidago canadensis* (золотарник канадский), *Solidago gigantea* (золотарник гигантский), *Symphyotrichum × salignum* (симфиотрихум иволистный), *Xanthoxalis stricta* (кислица прямостоячая)), которые требовали уточнения своих современных ареалов, а также динамики расширения ареалов при различных сценариях климатических изменений.

Цель нашего исследования – оценка количественных характеристик расширения ареалов самых опасных инвазионных видов растений на территории России в условиях глобальных климатических изменений на основе моделей пространственного распределения и реализованных экологических ниш.

Материалы и методы

На основе изучения музейных образцов (Гербария МГУ им. Д. П. Сырейщикова, Гербария Ботанического института РАН (БИН РАН), Депозитария живых систем «Ноев ковчег» МГУ), записей из базы данных международных центров коллективного пользования (GBIF – Глобальной базы данных о биоразнообразии (<https://www.gbif.org/>), Центра по сельскому хозяйству и биологическому разнообразию CABI (<https://www.cabi.org/>), Системы раннего обнаружения и картирования распространения (Early Detection and Distribution Mapping System, www.eddmaps.org)) и собственных данных (Самые..., 2018) мы разработали векторно-растровую базу данных (28 576 и 12 649 точек находок (ТН) в нативной и инвазионных частях ареалов) и 43 слоев предикторных переменных по климату, рельефу и ландшафту (Hijmans et al., 2005; Title, Bemmels, 2017; SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission, <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>)). Нативные части ареалов растений (29) расположены в Северной Америке (США, Канада) (19 видов), Центральной Америке (3 вида), Северо-Восточной Азии и северной части Северной Америки (1 вид), Кавказе и Малой Азии (1 вид), западной части Гималаев (1 вид), Центральной Азии (1 вид), Европе (2 гибридных вида), в Восточной Азии и Японии (1 вид). Для создания набора векторных карт пространственного распространения (SDM) инвазионных видов растений в России в условиях текущего климата и при различных сценариях изменения климата (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 и RCP 8.5) в данной работе использовали 10 запусков MaxEnt со случайным выбором тестовых и обучающих выборок. Во всех вариантах запуска MaxEnt 80 % записей ТН использовались как обучающие выборки, а 20 % записей – как тестовые выборки. Модели реализованных экологических ниш видов были построены с использованием общей концепции, представленной в работе (Petrosyan et al., 2019). Оценка перекрытия ниш проводилась на основе индексов Шонера (Schoener's) D и модели перекрытия реализованных ниш (RNM). Для сравнительного анализа показателей распространения вида в нативной и инвазивной частях ареалов в многомерном экологическом пространстве рассматривались три категории перекрытия: индекс стабильности (S) – это доля использования ниш в инвазионной части ареала вида, которая в многомерном экологическом

пространстве пересекается с заселенными видом в нативной части ареала; индекс расширения (E) – это доля ниш, освоенных в инвазионной части ареала, не использованная видом в нативной части ареала; индекс незаполнения (U) – это доля ниш, незанятых видом в инвазионной части ареала вида, но которые освоены в нативной части ареала. Поскольку эти индексы оцениваются в пространстве важнейших переменных, определяющих характер распределения видов, то индекс расширения характеризует сдвиги ниш в инвазионной части ареала.

Результаты и их обсуждение

Для понимания процессов освоения новых территорий инвазионными видами мы провели количественную оценку перекрывания ниш в нативной и инвазионной частях ареалов во всем пространстве RNM с помощью методов ординации. Первая ось коррелирует со средней годовой температурой, а вторая – с суммой годовых осадков. Эти показатели – первая и вторая компоненты, которые объясняют 89.9 % общей вариации предикторных переменных. Остальные переменные объясняют лишь незначительную долю общей вариации и не включены в графический анализ.

Наши результаты с использованием SDM и RNM показали, что для растений индекс стабильности (S) варьируется в диапазоне от 74 до 100 %. По этому показателю 29 видов растений можно условно разделить на две группы: первая (23 вида) – индекс варьируется от 91 до 100 %, а вторая (6 видов) – от 74 до 87 %. Относительно низкий показатель (74 %) для двух видов (*Galinsoga parviflora* и *Echinocystis lobata*) можно объяснить поздним временем натурализации в России с 1980 и 1950 гг. соответственно. Низкие показатели S для других двух видов – 83 % (*Reynoutria × bogemica*) и 87 % (*Symphyotrichum × salignum*) – можно объяснить их гибридным происхождением и связанной с этим пластичностью в освоении новых местообитаний, не характерных для нативной части ареала. Несмотря на высокие показатели S, индексы сходства Шонера (D) очень низкие, и гипотеза сходства экологических ниш не подтверждается для любого из 29 видов ($P > 0,05$), что находит отражение в высоких значениях индекса «неиспользования» (U). В целом можно утверждать, что в инвазионной части ареала растений наблюдается существенный сдвиг экологических ниш.

На основе анализа RNM показано, что расширение ареалов изученных видов сопровождается повышением плотности вида при сценарии RCP 2.6, а при других сценариях изменения климата (RCP 4.5, RCP 6 и RCP 8.5) – как повышением плотности, так и расширением ареалов в широтном (с юга на север) и долготном (с запада на восток) направлениях. Количественный анализ показал, что в рамках 4-х сценариев изменения климата (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0, RCP 8.5) наблюдается увеличение площади местообитаний, пригодных для всех растений. В среднем при реализации этих сценариев расширение ареалов, по сравнению с текущим климатом, составляет 10, 16, 21 и 29 % соответственно. Рекордсменом по возможному расширению ареалов при потеплении климата является *Ambrosia trifida* (амброзия трехрассеченная), для которой проценты расширения ареалов характеризуются следующими значениями: 34, 56, 69 и 86 % соответственно.

Благодарности

Исследования поддержаны грантом РФФИ 16-14-10323. Авторы также благодарны ESRI (США) за предоставление бесплатной лицензионной версии ArcGIS Desktop Pro 10.6.1 (ESRI Sales Order number: 3128913; ESRI Delivery number: 81833751; User customer number: 535452).

Литература

- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). Ред. Ю. Ю. Дгебуадзе, В. Г. Петросян, Л. А. Хляп. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. 688 с.
- Di Cola V., Broennimann O., Petitpierre B., Breiner F. T., D'Amen M., Randin C., Engler R., Pottier J., Pio D., Dubuis A., Pellissier R. G., Mateo R. G., Hordijk W., Salamin N., Guisan A. Ecospat: an R package to support spatial analyses and modeling of species niches and distributions // *Ecography*. 2017. V. 40. P. 1–014.
- Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // *International Journal of Climatology*. 2005. V. 25. P. 1965–1978.
- Petrosyan V. G., Osipov F. A., Bobrov V. V., Dergunova N. N., Omelchenko A. V., Danielyan F. D., Arakelyan M. S. Analysis of geographical distribution of the parthenogenetic rock lizard *Darevskia armeniaca* and its parental species (*D. mixta*, *D. valentini*) based on ecological modelling // *Salamandra*. 2019. V. 55 (3). P. 173–190.
- Title P. O., Bemmels J. B. ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling // *Ecography*. 2017. V. 41. P. 291–307.

**ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ И БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ
ЧУЖЕРОДНОЙ ФЛОРЫ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА (РОССИЯ)**

Письмаркина Е. В.¹, Бялт В. В.^{2,4}, Егоров А. А.^{3,4}, Хитун О. В.²

¹*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

²*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

³*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

⁴*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет,
Санкт-Петербург, Россия*

**TAXONOMIC AND BIOMORPHOLOGICAL COMPOSITION
OF ALIEN FLORA YAMAL-NENETS AUTONOMOUS AREA (RUSSIA)**

Pismarkina E. V.¹, Byalt V. V.^{2,4}, Egorov A. A.^{3,4}, Khitun O. V.²

¹*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: 0000-0001-8413-3860*

²*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: 0000-0001-6832-8115*

³*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: 0000-0002-1800-0389*

⁴*Saint-Petersburg State Forest Technical University, Saint-Petersburg, Russia*

Corresponding e-mail: elena_pismar79@mail.ru

Summary: as a result of field research and a critical work in herbariums and with literature, 224 species of vascular plants from 147 genera and 35 families were identified as part of the alien flora of the Yamalo-Nenets Autonomous Area.

Keywords: vascular plants, alien species, Western Siberia, Far North, Arctic, Subarctic, family spectrum, biotopes

Введение

Ямало-Ненецкий автономный округ (далее – ЯНАО) – один из ведущих регионов Российской Федерации по газо- и нефтедобыче. Последствием развития промышленности и транспортной сети является неизбежная трансформация природной среды, в частности – адвентизация растительного покрова, когда в местную флору проникают чужеродные (заносные, адвентивные) виды. Чужеродные растения появляются и расселяются по обочинам и откосам дорог, речным отмелям, сорным местам, в аэропортах и на железнодорожных станциях. Последствия появления во флоре агрессивных чужеродных видов (биоинвазии) могут быть катастрофическими для некоторых местных экосистем. Но одновременно с этим на Крайнем Севере появление новых видов можно рассматривать как своеобразное «обогащение» местных, как правило, маловидовых флор. В любом случае, мониторинг чужеродных растений должен

быть важной частью региональных флористических исследований. Однако изучению миграций чужеродных растений на Крайнем Севере России пока уделяется мало внимания.

Материалы и методы

Чужеродная фракция флоры ЯНАО изучается нами с 2012 г. К настоящему времени проведено обследование флор в большинстве крупных населенных пунктов региона: в городах Надым, Новый Уренгой, Салехард, Лабытнанги, Губкинский, Ноябрьск, Тарко-Сале и в ряде небольших поселков: Пангодах, Приозёрном, Ягельном, Тазовском, Коротчаево, Аксарке, Харпе, Новом Порту, Бованенково и др.

Под чужеродными (*alien species*, заносными, адвентивными) мы понимаем виды растений, появление которых в изучаемых районах не связано с естественными процессами флорогенеза, но представляет собой следствие антропогенного влияния на флору, прежде всего нарушения естественного почвенного и растительного покрова, а также отсутствия в местах инвазии естественных врагов – фитофагов и патогенов (Туганаев, Пузырев, 1988; Бурда, 1991).

При работе с литературными и гербарными материалами мы учитывали указания на наличие вида в природных или антропогенных биотопах в границах ЯНАО и отвечали на вопросы: обусловлено ли наличие вида в данном пункте каким-либо видом хозяйственной деятельности людей и является ли вид заносным на всей территории округа? Если вид на одной части территории округа является аборигенным, а на другой, как правило, более северной, его местонахождения имеют явно заносный характер, в состав чужеродной фракции он не включен. Примером такого вида является *Lathyrus pratensis* L. – на юго-востоке ЯНАО, в пределах подзоны средней тайги, а также в долине р. Обь в юго-западной части региона это растение отмечается в составе пойменных лугов, тогда как в средней и северной частях округа, включая полуострова, *Lathyrus pratensis* – синантропный вид, быстро расселяющийся по нарушенным местам в населенных пунктах и вдоль транспортных путей. Или *Fragaria vesca* L. – лесное растение на крайнем юго-востоке ЯНАО и одновременно редкий синантропофит в подзоне северной тайги.

Для выявления характера современных ареалов видов местной флоры, помимо специальной литературы, мы обращались к электронным ресурсам, например <http://www.agroatlas.ru/ru/about/index.html>, <http://byrranga.ru/index.htm>, <https://www.gbif.org/species/search>, <http://linnaeus.nrm.se/flora/> и др., ссылки на которые доступны на сайте «Плантариум» (<https://www.plantarium.ru/>), а также Plants of the World online (<http://plantsoftheworldonline.org/>).

Результаты и их обсуждение

В результате полевых исследований территории ЯНАО в 2012–2019 гг., критического пересмотра гербарных коллекций (LE, MW, SVER, TK) и проработки литературных источников в составе чужеродной флоры округа нами выявлено 224 вида (неопубликованные данные) из 147 родов и 35 семейств. В одной из наших предыдущих публикаций содержится информация о 190 видах чужеродной фракции (Письмаркина и др., 2018). Прибавка видов произошла благодаря новым находкам (в том числе переопределения и определения сборов, считая от начала полевого сезона 2017 г. по 2019 г. включительно) и более тщательному учету материалов гербариев (MW, LE, SVER). Кроме того, список чужеродной флоры в 2019–2020 гг. был пересмотрен на предмет «достоверности» сведений. Приоритетом пользовалась информация о нахождении растения, подтвержденная гербарными сборами, а значит, виды, известные в ЯНАО только по сведениям литературы, в обзор флоры нами не включены.

Чужеродная фракция составляет 20.9 % от общего количества видов в региональной флоре. Небольшая доля чужеродных видов во флоре ЯНАО, в сравнении с более южными

регионами, объясняется, на наш взгляд, географическим положением на флористически бедном севере Западной Сибири, где не только натурализация, но и просто вселение чужеродных видов (а они в подавляющем большинстве – выходцы из более южных регионов) крайне затруднено из-за климатического и фитоценотического барьеров, относительной молодости синантропного компонента флоры. Это объясняет и крайне малое число публикаций по заносной флоре, появившихся после работ Е. В. Дорогостайской (1972).

Ведущие по количеству видов семейства чужеродной фракции – это Asteraceae (35 видов, 15.6 % чужеродной фракции флоры ЯНАО), Poaceae (30 видов, 13.4 %), Brassicaceae (22 вида, 9.8 %), Fabaceae (21 вид, 9.4 %), Apiaceae и Chenopodiaceae (по 12 видов, 5.4 %), Caryophyllaceae (11 видов, 4.9 %); Rosaceae и Polygonaceae (по 10 видов, 4.5 %), Lamiaceae (8 видов, 3.6 %). Такой состав «головной части» спектра, с преобладанием «южных» по характеру распространения семейств, – результат того, что миграции чужеродных растений, формирующих соответствующую фракцию флоры ЯНАО, происходят из более южных регионов – Южной Сибири, Восточной Европы, Средней и Центральной Азии.

Из родов наиболее многочисленным является *Chenopodium* с 10 видами. Ведущую десятку родов чужеродной флоры ЯНАО составили также *Plantago* (6 видов), *Centaurea*, *Rumex*, *Potentilla* (по 5 видов), *Brassica*, *Trifolium*, *Galium* (по 4 вида). На эти, наиболее богатые видами 8 родов, в сумме приходится 37 видов или 16.3 % чужеродной флоры региона. Роды чужеродной флоры, содержащие по 3 вида: *Amaranthus*, *Artemisia*, *Helianthus*, *Sonchus*, *Amoria*, *Medicago*, *Galeopsis*, *Urtica* и *Lolium*. По 2 вида содержат роды *Pimpinella*, *Bidens*, *Cirsium*, *Lactuca*, *Senecio*, *Barbarea*, *Camelina*, *Lepidium*, *Raphanus*, *Sinapis*, *Dianthus*, *Gypsophila*, *Melilotus*, *Epilobium*, *Fagopyrum*, *Aquilegia*, *Geum*, *Veronica*, *Viola*, *Alopecurus*, *Avena*, *Echinochloa*, *Festuca*, *Hordeum*, *Poa*, *Typha* (всего 26 родов).

Более половины родов чужеродной флоры ЯНАО монотипные (содержат по 1 виду). Это *Equisetum*, *Aethusa*, *Carum*, *Cenolophium*, *Chaerophyllum*, *Conium*, *Coriandrum*, *Eryngium*, *Kadenia*, *Pastinaca*, *Seseli*, *Achillea*, *Anthemis*, *Arctium*, *Carduus*, *Cichorium*, *Conyza*, *Erigeron*, *Galinsoga*, *Leontodon*, *Lepidotheca*, *Leucanthemum*, *Picris*, *Tripleurospermum*, *Tussilago*, *Echium*, *Lappula*, *Lycopsis*, *Arabis*, *Armoracia*, *Berteroa*, *Bunias*, *Descurainia*, *Erysimum*, *Sisymbrium*, *Thlaspi*, *Cannabis*, *Cerastium*, *Coccyganthe*, *Silene*, *Spergula*, *Spergularia*, *Stellaria*, *Steris*, *Atriplex*, *Beta*, *Convolvulus*, *Cucumis*, *Cucurbita*, *Cuscuta*, *Knautia*, *Euphorbia*, *Anthyllis*, *Astragalus*, *Chamaecytisus*, *Lathyrus*, *Lotus*, *Lupinus*, *Onobrychis*, *Pisum*, *Vicia*, *Erodium*, *Geranium*, *Phacelia*, *Glechoma*, *Mentha*, *Nepeta*, *Origanum*, *Prunella*, *Malva*, *Chelidonium*, *Fallopia*, *Persicaria*, *Polygonum*, *Primula*, *Leptopyrum*, *Ranunculus*, *Rosa*, *Rubus*, *Sorbaria*, *Linaria*, *Pedicularis*, *Hyoscyamus*, *Lycopersicon*, *Petunia*, *Solanum*, *Allium*, *Lemna*, *Agropyron*, *Anisantha*, *Apera*, *Beckmannia*, *Bromus*, *Dactylis*, *Elymus*, *Elytrigia*, *Panicum*, *Phalaris*, *Phleum*, *Phragmites*, *Puccinellia*, *Secale*, *Triticum* (всего 103 рода).

Среди биоморф чужеродной флоры наиболее широко представлены монокарпические травы. На долю видов с такими жизненными формами приходится более половины состава чужеродной флоры (120 видов, 53.6 %). Среди монокарпических трав 85 видов – это однолетники. Остальные монокарпические травы являются двулетниками (15 видов), однолетниками или двулетниками (8 видов), однолетниками, двулетниками или многолетниками (6 видов), двулетниками или многолетниками (3 вида), многолетниками (3 вида). Из поликарпических трав в чужеродной флоре наиболее многочисленны стержнекорневые (41 вид, 18.3 % чужеродной флоры) и длиннокорневищные (17 видов, 7.6 %) биоморфы.

Заключение

Заносные виды, попав на новые места, постепенно приспосабливаются к новым условиям обитания. В Западносибирской Арктике и Субарктике о проблеме биозагрязнения чужеродными растениями говорить пока нельзя, но это не позволяет отказаться от их мониторинга. В приполярных городах наблюдается даже своеобразный «положительный» эффект от заноса представителей чужеземной флоры: растительный покров в городской черте становится более разнообразным, а среди занесенных видов наблюдаются декоративные, лекарственные, кормовые и даже пищевые растения. При этом не наблюдается активного расселения, по масштабам сопоставимого с таковым в более южных регионах. Вопрос об агрессивном внедрении чужеродных видов в естественные экотопы тоже не стоит на повестке.

Литература

- Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. Киев: Наукова думка, 1991. 168 с.
- Дорогостайская Е. В. Сорные растения Крайнего Севера СССР. Л., 1972. 172 с.
- Письмаркина Е. В., Бялт В. В., Егоров А. А., Хитун О. В., Щербаков А. В., Быструшкин А. Г. Материалы к изучению флоры сосудистых растений Ямало-Ненецкого автономного округа (Россия) // Ботаника в современном мире: труды XIV Съезда русского ботанического общества и конференции. Русское ботаническое общество; Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН; Дагестанский научный центр РАН; Горный ботанический сад ДНЦ РАН; Дагестанский государственный университет. Махачкала: АЛЕФ, 2018. С. 178–180.
- Туганаев В. В. Пузырев А. Н. Гемерофиты Вятско-Камского междуречья. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1988. 128 с.

**УРОВНИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСАХ
О БИОЛОГИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ**

Поспелов И. Н.

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия
Заповедники Таймыра, Норильск, Россия*

**LEVELS OF SPATIAL DATA GEOGRAPHICAL LOCALIZATION
IN INFORMATION RESOURCES ON BIOLOGICAL DIVERSITY**

Pospelov I. N.

*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia
Reserves of Taimyr, Norilsk, Russia,
ORCID: [0000-0001-9564-5589](https://orcid.org/0000-0001-9564-5589)*

Corresponding e-mail: pleuropogon@gmail.com

Summary: the main aim of biodiversity database creation – is possibility of monitoring separate plant species. The possible levels of finds space location are considered. Six location levels from point to global are given. The importance of location level to local flora is underlined.

Keywords: spatial reference, plant population, biodiversity database, species distribution maps, species area

Одна из важнейших задач при публикации данных в любых информационных системах, посвященных биологическому разнообразию – возможность последующей находки и, при необходимости, мониторинга указанных объектов. Поэтому место расположения объекта (географическая привязка) должно указываться с максимально возможной точностью. Особенно актуально это для находок растений и грибов, поскольку в силу постоянства местообитания они могут быть повторно обнаружены на месте первой находки. Особенно важно знать точное местонахождение популяций редких и реликтовых видов, а также популяций на границе ареала, поскольку именно последние могут являться индикаторами состояния и общего временного тренда экосистем региона (Юрцев, 1997).

В процессе работы над базой данных и ГИС «Флора Таймыра» задача последующего мониторинга популяций растений в будущем принималась как одна из основных. На первом этапе, когда вносились исключительно авторские данные, с их пространственной привязкой проблем практически не возникало, даже находки 1970–1990-х годов локализовывались на карте с точностью в 100–200 м по топографическим картам и современным спутниковым снимкам. Когда же началась детальная обработка наблюдений (в основном гербарных сборов) других авторов и коллекторов, привязка осуществлялась со значительно меньшей точностью, а часто оказывалась вообще трудноосуществима. Анализируя данные о расположении популяций из гербарных этикеток, публикаций и т.д., мы пришли к выводу о необходимости иерархической системы уровней пространственной локализации находок.

Большинство существующих порталов о биоразнообразии предлагает локализацию находки по принципу «точка – возможное отклонение», т.е. точка и окружность (буфер) вокруг нее, определяемый самим оператором, вводящим данные. Дальнейшие уровни уже формируются автоматически исходя из этих точек (сеточные карты при уменьшении масштаба отображения). Конечно, чаще всего этого достаточно. Однако, особенно при работе с архивными источниками, пространственную локализацию находки можно заметно улучшить. В частности, возможна привязка не к точке, а к некоей линии или полигону в зависимости от качества информации о находке.

На основе накопленного опыта нами предлагаются следующие 6 уровней локализации (от большей точности к меньшей) и типы пространственных представлений в ГИС:

1. Точные привязки – GPS-данные (как конкретные точки засечек, так и снятые с GPS-треков) или нахождение объекта в четко локализуемой точке (например слияние ручьев, вершина горы, ныне существующая постройка) – точность от 10 до 100 м. Пространственное представление в ГИС – точка с радиусом возможной ошибки (т.е., собственно, тот тип, который предлагается сейчас, например, системой iNaturalist (<https://www.inaturalist.org>) или Цифровым гербарием МГУ (<https://plant.depo.msu.ru>);

2. Относительно точные привязки (например, в N км от устья ручья, СВ оконечность небольшого однозначно идентифицированного водоема, перевал между верховьями ручьев А и В, в N км к западу от села) – линейная точность 100–500 (1 000) м. Пространственным представлением такого объекта может быть также точка с радиусом ошибки, но предпочтительнее использовать линию (например, в случае с рекой или дорогой) или полигон, создаваемые в ГИС для объекта;

3. Привязки средней точности (например, лесной квартал NN, населенный пункт, урочище (в топографическом смысле слова) – линейная точность 500 м – 3(5) км. Пространственное представление – полигон либо достаточно точно очерченный (лесной квартал), либо гипотетический. Например, в случае лесного квартала его площадь может варьировать от 0.5 км² в Центральной России до нескольких км² – в отдаленных районах;

4. Уровень локальной флоры (обследованного района). Точность (в данном случае в качестве площади – 25–100 (иногда до 300) км². Применяется при внесении в ГИС флористических списков. Как правило, площадь и расположение обследованного района указываются в соответствующей публикации, мы также оконтуривали непосредственно районы локальных флор по личным сообщениям авторов публикаций и списков. Пространственное представление – полигон, часто довольно сложной формы, но зато можно достоверно утверждать, что находка сделана именно в этом полигоне;

5. Уровень сеточного картирования. В этом случае находка привязывается к определенному листу сетки топографических карт ГУГК СССР 1:100 000 и менее (соответственно площадь 500–2 000 км²). Так, именно таким образом оказались этикетированы гербарные образцы экспедиции СИФИБР СО РАН, работавшей в 1968–1972 гг. на плато Путорана (Флора Путорана, 1976; Ковтонюк и др., 2019). Как показало знакомство с частично оцифрованными коллекциями, более точная привязка этих образцов невозможна, так как указан только общий район сбора и биотоп. Собственно, эта экспедиция и ставила задачей именно сеточное картирование флоры. Подобный уровень локализации, правда, встречается достаточно редко;

6. Условная локализация. Административная единица (от административного района и крупнее) или определенная географическая область. Площадь локализации – сотни и

тысячи км². Такой подход уместен только при создании глобальных или континентальных карт распространения видов и в принципе не предназначается для целей мониторинга популяций.

Соответственно, при смене масштабов отображения карты, уровни должны сменяться в зависимости от масштаба отображения, в том числе можно менять и географическое представление находки. Так, например, для нашей ГИС «Флора Таймыра» (<http://byrranga.ru>) уровень локальных флор для масштаба 1:2 500 000 и мельче представлен на картах распространения видов уже точечными объектами. На более мелких уровнях 4 и 5, напротив, отображение находок привязывается исключительно к полигонам (тополист или регион).

Для целей инвентаризации популяций растений пригодны уровни локализации 1 и 2, ограниченно – 3 и 4. В последнем случае повторный поиск и обследование популяции имеет смысл только для редких, эндемичных и реликтовых видов, а также видов на пределе ареала или популяций, изолированных от основного ареала. Даже в случае локализации до уровня листа топографической сетки (5) повторение находок в принципе возможно, так как при помощи современных методов исследований, например, дешифрирования спутниковой съемки, можно локализовать биотопы нужной находки и обследовать только их. Наш опыт работы по инвентаризации локальных флор через значительное время после предыдущего обследования (30–90 лет) показывает, что наиболее интересные находки видов в локальных флорах удается если не повторить точно в первоначальной точке, то хотя бы подтвердить наличие вида на данном участке (Поспелов, Поспелова, 2001; Поспелова, Поспелов, 2005, 2014).

В то же время уровни 4 и 5 (а отчасти и 3) вполне пригодны для анализа общего распространения фоновых зональных видов и для выяснения пределов их географического распространения. Кроме того, уровень локальных флор (4) позволяет проводить общие аналитические работы по связи особенностей локальной флоры, например, с биоклиматическими, гипсометрическими или иными покрытиями, при этом данные будут анализироваться по осредненной площади обследованного участка и полученные результаты будут более корректны для анализа.

Исходя из вышесказанного при создании информационных порталов по географическому распространению видов необходимо предусматривать и некоторые нестандартные на данный момент варианты, в частности, привязку находки к произвольному полигону. Например, собранную нами из опубликованных источников информацию по локальным флорам Таймырского муниципального района Красноярского края наиболее целесообразно вносить именно в такой форме.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 0109-2018-0080 «Фундаментальные проблемы охраны живой природы и рационального использования биоресурсов» Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук. Автор также выражает благодарность А. П. Серегину (МГУ, Биологический ф-т) и Н. К. Ковтонюк (ЦСБС СО РАН) за поддержку в работе по этой теме.

Литература

- Ковтонюк Н. К., Хан И. В., Гатилова Е. А., Пшеничкина Ю. А. Цифровой гербарий ЦСБС СО РАН в глобальной информационной системе по биоразнообразию // Растительный мир Азиатской России. 2019. № 4 (36). С. 68–73. DOI: [10.21782/RMAR1995-2449-2019-4\(68-73\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2019-4(68-73))
- Поспелов И. Н., Поспелова Е. Б. Повторная инвентаризация флоры низовий реки Бикады (Яму-Неру, Таймыр) через 70 лет // Бот. журн. 2001. Т. 8. № 5. С. 13–29.

- Поспелова Е. Б., Поспелов И. Н. Программа долгосрочного мониторинга локальных флор Арктики: дополнения и изменения во флоре Ары-Маса (Восточный Таймыр) // Бот. журн. 2005. Т. 90. № 2. С. 145–164.
- Поспелова Е. Б., Поспелов И. Н. Флористические исследования в подзоне южных тундр восточного Таймыра // Turczaninowia. 2014. № 17 (2). С. 61–73. DOI: [10.14258/turczaninowia.17.2.9](https://doi.org/10.14258/turczaninowia.17.2.9)
- Флора Таймыра: информационно-справочная система. URL: <http://byrranga.ru> (дата обращения: 12.02.2019).
- Цифровой гербарий МГУ. URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения: 12.02.2019).
- Юрцев Б. А. Мониторинг биоразнообразия на уровне локальных флор // Бот. журн. 1997. Т. 82. № 6. С. 40–69.

СОЗДАНИЕ РОССИЙСКОГО ПОЧВЕННО-ЗООЛОГИЧЕСКОГО ПОРТАЛА ДАННЫХ О БИОРАЗНООБРАЗИИ

Потапов А. М.¹, Зайцев А. С.¹, Кузнецова Н. А.²,
Шашков М. П.^{3,4}, Иванова Н. В.⁴

¹*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

²*Московский педагогический государственный университет,
Москва, Россия*

³*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Россия*

⁴*Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пушино, Россия*

TOWARDS THE RUSSIAN SOIL BIODIVERSITY DATA PORTAL

Potapov A. M.¹, Zaitsev A. S.², Kuznetsova N. A.³,
Shashkov M. P.⁴, Ivanova N. V.⁵

¹*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0002-4456-1710](https://orcid.org/0000-0002-4456-1710)*

²*Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0001-8521-4304](https://orcid.org/0000-0001-8521-4304)*

³*Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0002-5042-9193](https://orcid.org/0000-0002-5042-9193)*

⁴*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-1328-8758](https://orcid.org/0000-0002-1328-8758)*

⁵*Institute of Mathematical Problems of Biology RAS –
The Branch of the Keldysh Institute of Applied Mathematics
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0003-4199-5924](https://orcid.org/0000-0003-4199-5924)*

Corresponding e-mail: potapov.msu@gmail.com

Summary: the aim of our project is to create a sustainable national database of soil biodiversity and its role in maintaining the ecological functions of soils based on international standards and providing opportunities for interdisciplinary analysis and synthesis of information using advanced hier-tier methods. By now we organized data training course for soil zoologists, published 50 000 species occurrences through GBIF.org, and developed information project website.

Keywords: soil biodiversity, data mobilization, GBIF

Половина биомассы животных наземных экосистем находится в почве, поддерживая ее экологические функции и плодородие. Несмотря на значительный объем материала о почвенных организмах собранного отечественными исследователями начиная с середины XX века, подавляющее большинство этих данных до сих пор не собраны в упорядоченные массивы информации и, следовательно, практически недоступны для повторного использования и комплексного междисциплинарного анализа с применением современных методов. Даже при активном обсуждении и понимании на национальном уровне необходимости решения этого вопроса, до сих пор не существует не только единой отечественной информационной системы, но и ресурсов по отдельным группам организмов. Массивы данных, хранящиеся у исследователей, как показывает практика, представлены в формате, не соответствующем международным стандартам. Кроме того, таксономические списки, используемые исследователями в России, не всегда согласованы с международными таксономическими базами данных. С другой стороны, не исключено, что многие виды, эндемичные для России, в подобных ресурсах не представлены.

На сегодняшний день мы разрабатываем план по созданию устойчивой национальной информационной системы о почвенном биоразнообразии и его роли в поддержании экологических функций почв. Подобный ресурс, основанный на международных стандартах и предоставляющий возможность междисциплинарного анализа, позволит обобщить собранные сведения и решить беспрецедентно широкий круг фундаментальных и прикладных научных задач в области поддержания экологических функций почв и особенно воспроизводства почвенного плодородия.

В ходе предварительного этапа сформирована рабочая группа исследователей по нескольким важным группам почвенных организмов: ногохвостки (Collembola), панцирные клещи (Oribatida, Sarcopiformes), дождевые черви (Lumbricidae, Oligochaeta).

При поддержке Глобальной информационной системы о биоразнообразии (GBIF) проведен обучающий семинар для специалистов в области почвенной зоологии, посвященный мобилизации данных через портал GBIF.org (<https://www.gbif.org>), в котором участвовали представители 14 ведущих российских почвенно-зоологических исследовательских групп. На момент подготовки этой публикации участниками семинара в GBIF опубликовано 8 наборов данных (Adamova, 2020; Avtaeva, 2019; Salavatulin, 2019; Vavilov, 2020a, 2020b; Vavilov et al., 2020a, 2020b, 2020c).

В ходе реализации проекта, поддержанного GBIF, выполнена стандартизация данных о находках ногохвосток и панцирных клещей в европейской части России. Через GBIF.org опубликовано 48 580 записей о находках этих членистоногих с подробными метаданными и привязкой к географическим координатам (Mobilization of biodiversity data on soil mesofauna across European Russia biomes, 2019).

Создан информационный сайт «Почвенное биоразнообразие России» (<http://www.soilzoology.ru>), который содержит информацию о глобальных и тематических ресурсах о почвенном биоразнообразии, программные инструменты для стандартизации почвенно-зоологических данных, а также ссылки на все российские наборы данных в GBIF, посвященные почвенно-зоологическим исследованиям.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-04-01200 и FinBIF Russia2019_12.

Литература

- Adamova V. Terrestrial snails and slugs of Voronezhsky State Nature Biosphere Reserve named after V. Peskov. Sampling event dataset. Version 1.2. Voronezhsky State Nature Biosphere Reserve named after V. Peskov, 2020. DOI: [10.15468/awptv2](https://doi.org/10.15468/awptv2) (2020-02-23).
- Avtaeva T. Family Carabidae of the Chechen Republic. Occurrence dataset. Version 1.1. Complex Institute named after Kh. I. Ibragimov of the Russian Academy of Sciences, 2019. DOI: [10.15468/vy0ae4](https://doi.org/10.15468/vy0ae4) (2020-02-11).
- Gordienko T., Vavilov D. Carrion beetles (Coleoptera, Silphidae) of Volga-Kama Nature Reserve. Occurrence dataset. Version 1.1. Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 2020a. DOI: [10.15468/vfphbq](https://doi.org/10.15468/vfphbq) (2020-02-11).
- Gordienko T., Vavilov D. Carrion beetles (Coleoptera, Silphidae) of Volga-Kama Nature Reserve. Occurrence dataset. Version 1.1. Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 2020c. DOI: [10.15468/vfphbq](https://doi.org/10.15468/vfphbq) (2020-02-23).
- Mobilization of biodiversity data on soil mesofauna across European Russia biomes. GBIF.org. URL: <https://www.gbif.org/project/6KNJbZiFjpWCogLRqxZum/mobilization-of-biodiversity-data-on-soil-mesofauna-across-european-russia-biomes> (2020-02-11).
- Salavatulin V. Microhabitat distribution of arboreal oribatid mites (Oribatida), associated with the Siberian pine (*Pinus sibirica*) of Western Siberia. Sampling event dataset. Version 1.1. Tyumen State University, 2019. DOI: [10.15468/44sxn0](https://doi.org/10.15468/44sxn0) (2020-02-11).
- Vavilov D., Gordienko T. Carrion beetles (Coleoptera, Silphidae) of “Volzhskiy Prostor” reserve. Occurrence dataset. Version 1.2. Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 2020b. DOI: [10.15468/ukmddd](https://doi.org/10.15468/ukmddd) (2020-02-11).
- Vavilov D. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of “Volzhskiy Prostor” reserve. Occurrence dataset. Version 1.1. Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 2020a. DOI: [10.15468/7lxvvc](https://doi.org/10.15468/7lxvvc) (2020-02-11).
- Vavilov D. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Volga-Kama Nature Reserve. Occurrence dataset. Version 1.1. Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 2020b. DOI: [10.15468/ctwlpp](https://doi.org/10.15468/ctwlpp) (2020-02-11).

БАЗА ДАННЫХ О ГРИБАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ GOOGLE SPREADSHEETS

Потапов К. О.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

DATABASE ON FUNGI OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN BASED ON THE GOOGLE SPREADSHEETS PLATFORM

Potapov K. O.

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Corresponding e-mail: potapov_ko@mail.ru

Summary: a database on fungi of the Republic of Tatarstan has been developed. It includes information on the our herbarium of fungi, literature data and field information. We have made 4 079 unique entries in three sections of database.

Keywords: fungi, database, biodiversity, Republic of Tatarstan

Территория Республики Татарстан расположена на стыке крупных природно-климатических зон: от южно-таежных участков на севере до каменистых степей на юге. Это обеспечивает высокое разнообразие живых организмов и, в частности, грибов. Целенаправленное исследование микобиоты Татарстана начаты Л. Н. Васильевой в начале XX века на территории Волжско-Камского заповедника (тогда – Раифского леса), однако первые сведения о грибах республики датируются XIX веком и принадлежат известному микологу Н. В. Сорокину (Потапов, 2015). За весь период исследования микобиоты региона получен значительный объем информации о видовом составе грибов Татарстана и об их условиях обитания. Помимо этого, за последние 15 лет нами собрана коллекция макромицетов, которая инсерирована в гербарий Казанского федерального университета (KAZ) и насчитывает приблизительно около пяти тысяч образцов.

Для удобства работы с данными о разнообразии грибов РТ, решающей как фундаментальные, так и прикладные природоохранные задачи, нами была разработана база данных на платформе Google Spreadsheets. База данных включает в себя несколько разделов, посвященных литературным сведениям – «Fungi: references», коллекции фунгария КФУ – «Fungi: collection», а также раздел, в который вносятся полевые наблюдения (с включением хорошо узнаваемых в полевых условиях видов) – «Fungi: field». Первые два раздела объединены в один документ, тогда как третий был сформирован позднее и представляет собой отдельную базу.

У инструмента Google Spreadsheets есть ряд преимуществ. Наличие SQL-подобного языка запросов, а также JavaScript-подобного языка программирования позволяет значительно расширить функционал. Работа в данном инструменте схожа с работой Microsoft Excel, поэтому осваивается без особого труда. Помимо указанных преимуществ, доступ к базе данных осуществляется удаленно, что дает возможность работать нескольким специалистам одновременно в любой доступной точке.

Структура базы данных формируется основными и вспомогательными листами. К основным листам относятся *Fungarium*, *Field* и *Data_references*, фактически соответствующие основе разделов «Fungi: collection», «Fungi: field» и «Fungi: references». Лист *Fungarium* включает в себя следующие поля: *expert* (специалист, непосредственно вносящий сведения); *collectionCode* (акроним фунгария или гербария); *catalogNumber* (каталожный номер образца); *fieldNumbe* (полевой номер образца); *datasetName* (нетаксономическая группа); *genus* (название рода); *epithet* (видовой эпитет); *scientificName* (современное научное название); *originalnameUsage* (название, указанное на этикетке); *identificationQualifier* (примечания по определению, например, *aff.*, *cf.*, *s. l.*, *s. str.*); *identifiedBy* (специалист, выполнивший идентификацию); *collector* (коллектор); *region* (административный регион); *district* (административный район, городской округ); *natureReserve* (ООПТ); *inhabitedLocality* (населенный пункт); *locality* (местонахождение); *ecosystem* (тип природного сообщества согласно принятой в базе классификации); *habitat* (местообитание, указанное на этикетке); *substrat* (субстрат); *host_symb* (латинское названия вида-хозяина); *trophgroup* (трофическая группа грибов согласно принятой в базе классификации); *date_col* (дата сбора); *previousIdentifications* (предыдущее определение); *previousIdentifiedBy* (специалист, ранее определивший образец); *d_lat* (широта в десятичных долях градуса); *d_lon* (долгота в десятичных долях градуса); *family* (семейство); *order* (порядок); *note* (примечание); *reference* (сведения об опубликованной находке, ссылка на работу); *photo* (сведения о фотографии при наличии); *associatedTaxa* (указание других видов для многовидовых образцов); *culture* (номер культуры, выделенной из данного образца); *duplicate* (наличие дубликата в иных коллекциях); *DNA* (номер последовательности ДНК, выделенной из этого образца, в GenBank). Несмотря на кажущуюся нагроможденность, каждая строка заполняется относительно быстро. Лишь часть из указанных полей нуждается в обязательном заполнении, тогда как остальные являются ситуативными и заполняются по мере необходимости. Кроме того, значения в полях *originalnameUsage*, *identifiedBy*, *collector*, *region*, *district*, *natureReserve*, *ecosystem*, *host_symb*, *trophgroup*, *previousIdentifiedBy* заполняются из выпадающего списка, что с одной стороны ускоряет процесс, с другой – снижает риск допущения ошибки при заполнении. Поля *order*, *family*, *genus*, *epithet*, *scientificName* заполняются автоматически после введения данных в поле *originalnameUsage*. Подробнее о том, как это происходит, мы писали ранее на примере двух других баз данных (Большаков, 2017).

Лист *Field* содержит лишь часть из указанных полей, поскольку не подразумевает гербаризации собранного материала. Так, в частности, в нем отсутствуют поля *collectionCode*, *catalogNumber*, *collector*, *associatedTaxa* и т.д. То же касается листа *Data_references*, где при этом присутствуют свои уникальные поля, в частности, *id_reference* (краткое описание источника в формате «фамилия, год»). С данным полем связан вспомогательный лист, где прилагаются полные библиографические сведения.

К вспомогательным листам всех трех разделов относятся также лист *Account2*, где размещена база с синонимами и приоритетными названиям, так что при подстановке в поле *originalnameUsage* любого из синонимов происходит автозаполнение поля *scientificName* с указанием приоритетного названия. В этом же вспомогательном листе располагается таксономическая информация о принадлежности вида к семейству и порядку, которые также автоматически заполняются в полях *family* и *order* в зависимости от выбранного содержимого в поле *originalnameUsage*.

Всем трем разделам также сопутствует вспомогательный лист *Account*, в котором располагаются перечни особо охраняемых природных территорий Татарстана, районов

республики, трофических групп грибов, латинских названий субстратов, типов природных сообществ, имен (авторов и коллекторов). Это позволяет безошибочно вводить информацию, которая впоследствии может быть проанализирована ресурсами самого инструмента Google Spreadsheets.

Первичная аналитическая обработка происходит во вспомогательном листе Queries, где происходит автоматический подсчет общего количества видов, родов, семейств и порядков, общее число записей, количества нетаксономических групп (агарикоидные, афиллофороидные и т.д.), количества видов по районам, в особо охраняемых природных территориях, в различных типах природных сообществ и т.д.

В настоящий момент в раздел Fungi_collection внесено 1 236 уникальных записей, каждая из которых соответствует конкретному гербарному образцу. В разделе Fungi_references указано 1 709 уникальных записей, в разделе Fungi_field – 1 134 уникальные записи. Все внесенные виды относятся к отделу Basidiomycota. Работа по заполнению базы данных продолжается, так как внесено не более 1/5 всей коллекции макромицетов KAZ. В базу данных предполагается внести сведения об аскомицетах, в т.ч. лишенизированных видах, зигомицетах и т.д.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность сотруднику Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН С. Ю. Большакову за помощь в организации базы данных.

Литература

- Большаков С. Ю., Филиппова Н. В., Потапов К. О., Агеев Д. В., Волобуев С. В. Google Spreadsheets как базовый инструмент для управления данными о биоразнообразии // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях: Международная научно-практическая конференция: тезисы докладов. Ред. Е. А. Боровичев, Д. А. Давыдов, Н. Е. Королева. Апатиты, 2017. С. 21–23.
- Потапов К. О. История микологических исследований в Республике Татарстан // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2015. Т. 157. Кн. 1. С. 90–102.

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРИИРОВАНИЕ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ
В ОКРЕСТНОСТЯХ ДРЕВНИХ ПОСЕЛЕНИЙ**

Потапова А. В.¹, Петросян А. А.¹, Коробов Д. С.²

¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушкино, Россия*

²*Институт археологии РАН, Москва, Россия*

**SPATIAL VARIABILITY OF MICROBIOLOGICAL PROPERTIES
OF SOILS IN THE NEIGHBORHOOD OF ANCIENT SETTLEMENTS**

Potapova A. V.¹, Petrosyan A. A.¹, Korobov D. S.²

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS,
Pushchino, Russia*

²*Institute of Archeology RAS, Moscow, Russia*

Corresponding e-mail: anastassia4272@gmail.com

Summary: the microbial community of soils is a unique indicator of anthropogenic development of the territory by humans. In recent years, studies of such objects as the cultural layers of the settlement and the soil adjacent to the ancient settlements have intensified. The paleosols of archaeological sites of the steppe zone are a unique object that has preserved information about the state of soil microbial communities in past historical eras. One of the most common organic materials that fell into the soil as a result of economic development of the territory in ancient times was manure. And traces of manure can be seen both on the territory of the settlement, as a heat-insulated material, and outside where manure was used as fertilizer. In this regard, the aim of the study of this work is to identify traces of manure on ancient fields based on the study of the microbiological properties of soils.

Keywords: archeology, agriculture, Paleopova, the Middle Ages, settlement, urease activity, ceramics, manure, catena

В данной работе представлены результаты исследований уреазной активности почвы в окрестностях древних поселений на территориях предполагаемых бывших полей. Целью исследования было выявление закономерности изменения уреазной активности в почвах на разном удалении от древнего поселения.

В качестве объекта исследований была выбрана территория, прилегающая к поселению аланской культуры (V–VIII вв. н. э.) в окрестностях г. Кисловодска. Уникальность этого региона заключается в том, что после прекращения функционирования поселений эпохи средневековья до настоящего времени почвы не распахивались и подвергались существенным антропогенным преобразованиям в последние годы.

Ранее было установлено, что территория в окрестностях аланских поселений в данном регионе могла использоваться в качестве сельскохозяйственных угодий в эпоху средневековья (Борисов, Коробов, 2013). Этот вывод подтверждается обилием фрагментов керамики в почве. Предполагается, что керамика могла попадать в почву вместе с бытовым мусором и навозом, который вносился на поля (Wilkinson, 2008 (цит. по: Борисов, Коробов, 2013)). Таким образом, в

почвах в окрестностях средневековых поселений региона может сохраняться информация о тех изменениях почвенного микробного сообщества, которые были вызваны внесением навоза.

В работе использовался метод краткосрочного анализа уреазной активности почвы (Kandeler, Gerber, 1988). Суть метода заключается в колориметрическом определении окрашенного комплекса NH_4^+ после инкубации почвы с буферным раствором мочевины и экстракцией аммония с хлоридом калия. Этот метод в последние годы активно используется при изучении следов древнего земледелия и скотоводства на территории археологических памятников (Чернышева и др., 2014; Chernysheva et al., 2015).

Согласно полученным результатам анализа уреазной активности почв, наибольшие значения этого показателя были выявлены в разрезах, близких к поселению. Эти разрезы были расположены на расстоянии 50, 100 и 150 м от памятника. Наименьшее значение в разрезах на удалении свыше 550 метров от поселения. В целом, для изменения данного показателя отмечается характерно выраженная тенденция в уменьшении уреазной активности по мере удаления от аланского поселения. Так, например, на максимальном удалении от памятника на расстоянии 1 200 м уреазная активность не превышает 250 мкг $\text{NH}_4/\text{г}$ почвы час, в то время как на расстоянии 100 метров достигает до 370 мкг $\text{NH}_4/\text{г}$ почвы час.

Особое внимание следует обратить на пики уреазной активности, которые были выявлены в ряде разрезов (на расстоянии 150, 200, 450 и 650 м на глубине 65–90 см). Это связано, по всей видимости, с еще одним более древним этапом освоения территории. В этих разрезах под слоем почвы с керамикой аланского времени (V–VIII вв. н. э.) были обнаружены фрагменты керамики кобанской культуры эпохи бронзы (IX–VI вв. до н. э.). Возможно, в данном случае высокие значения уреазной активности в глубинных слоях почвы связаны с земледельческой практикой в эпоху бронзы.

Таким образом, в результате внесения удобрений в почвах древних земледельческих угодий произошло резкое возрастание активности фермента уреазы. Данные изменения сохранились в почве на протяжении более полутора тысяч лет. Ареал повышенных значений уреазной активности соответствует зоне регулярного внесения удобрений в эпоху средневековья. Таким образом, по изменениям этого показателя можно установить зону внесения удобрений.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Грант офи_м 172904257 «Археологическая микробиология: теория и практика выявления исходного присутствия органических материалов в археологических исследованиях».

Литература

- Борисов А. В., Коробов Д. С. Древнее и средневековое земледелие в Кисловодской котловине: итоги почвенно-археологических исследований. М.: Таус, 2013. 272 с.
- Чернышева Е. В., Каширская Н. Н., Коробов Д. С., Борисов А. В. Изменение биологической активности дерново-карбонатных почв Кисловодской котловины под влиянием древнего и современного антропогенного воздействия // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1068–1076.
- Chernysheva E. V., Korobov D. S., Khomutova T. E., Borisov A. V. Urease activity in cultural layers at archaeological sites // Journal of Archaeological Science. 2015. V. 57. P. 24–31.
- Kandeler E., Gerber E. Short-term assay of urease activity using colorimetric determination of ammonium // Biol Fertil Soils. 1988. V. 6. P. 68–72.
- Wilkinson K., Stevens C. Environmental archaeology. Approaches, techniques, applications. Tempus, 2008. 314 p.

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Прохоров В. Е.

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, Россия*

**VASCULAR PLANT SPECIES DIVERSITY OF REPUBLIC
OF TATARSTAN SPATIAL ANALYSIS AND MODELING**

Prokhorov V. E.

*Kazan Federal University, Kazan, Russia,
ORCID: [0000-0001-8166-7269](https://orcid.org/0000-0001-8166-7269)*

Corresponding e-mail: vadim.prokhorov@kpfu.ru

Summary: species distribution models were used to evaluate the species diversity of the flora of the Republic of Tatarstan. The analysis revealed environmental variables on which species richness depends. The revealed dependences will make it possible to construct models of the dynamics of species richness under climate change.

Keywords: environmental predictors, MaxEnt, modeling, species diversity, Tatarstan

Сокращение биологического разнообразия, которое происходит в результате деятельности человека и изменения климата, является одной из глобальных экологических проблем. Задача выявления зависимости видового богатства от факторов среды представляет значительный интерес как с практической, так и с теоретической точки зрения.

Модели распространения видов (species distribution models, SDM) в настоящее время широко используются в теоретических и прикладных исследованиях в области экологии и биогеографии.

Целью нашего исследования является выявление зависимости видового богатства от условий среды с помощью методов моделирования распространения видов.

В качестве материалов для исследования использована информация из базы данных «Флора» (Рогова и др., 2010; Prokhorov et al., 2017) и проекта Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Из базы данных «Флора», которая содержит геоботанические описания и находки видов растений на территории Татарстана, было выбрано 150 543 местонахождения 1 338 видов сосудистых растений. Из GBIF получено 6 884 местонахождений 950 видов. При объединении обеих выборок номенклатура видов гармонизирована и приведена в соответствие с базой данных The Plant List. Из итоговой выборки исключены местонахождения, дата наблюдения которых ранее 1970 г., а точность географической привязки более 250 м.

Предикторами для построения модели послужили сведения об условиях среды, полученные из следующих источников: 1) цифровая модель рельефа ALOS AW3D – 3 слоя; 2) климатическая модель WorldClim 2.0 (Fick, Hijmans, 2017) – 103 слоя; 3) модель почвенного

покрова SoilGrids (Hengl et al., 2014) – 66 слоев; 4) карта типов земного покрова России TerraNorte RLC 3.0 (Барталёв и др., 2012) – 1 слой.

Все слои пространственных данных приведены к единой проекции, охвату и разрешению и представлены растрами с разрешением 250×250 м. Коэффициент корреляции Пирсона использован для выявления неколлинеарных предикторов ($|r| > 0.7$) (Elith et al., 2011), что позволило отобрать 21 предиктор, пригодный для создания модели.

Для каждого из видов была создана пространственная модель потенциального распространения. Построение моделей осуществлено методом максимальной энтропии, реализованном в пакете MaxEnt версии 3.4.1 (Phillips et al., 2017). Для уменьшения смещения выборки создан слой (bias grid), учитывающий плотность наблюдений сосудистых растений и удаленность от автомобильных дорог. Для проверки модели использован метод кросс-валидации с размером тестовой выборки 20 % и оценкой тестовой AUC (Araújo et al., 2005). Полученные модели распространения видов с $AUC < 0.7$ были исключены из дальнейшей обработки. Бинаризация вероятностных моделей потенциальных ареалов проведена по пороговому значению равной чувствительности и специфичности модели для тестовой выборки (equal test sensitivity and specificity, ESS) (Liu et al., 2013). Полученные бинарные модели были просуммированы для пространственной оценки видового богатства флоры Татарстана.

Анализ показал, что наиболее значимыми для пространственного распределения видового разнообразия факторами среды являются условия рельефа (высота и уклоны), типы земных покровов, типы и механический состав почв.

Выявленные зависимости пространственного распределения видового разнообразия от факторов среды будут использованы для построения предиктивных пространственных моделей, в том числе и прогнозных моделей динамики видового разнообразия в условиях изменяющегося климата. Это позволит оценить будущие потери биоразнообразия на ключевых территориях, в том числе на ООПТ.

Благодарности

Публикация осуществлена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-44-160021.

Литература

- Барталёв С. А., Егоров В. А., Ефремов В. Ю., Лупян Е. А., Стыценко Ф. В., Флитман Е. В. Оценка площади пожаров на основе комплексирования спутниковых данных различного пространственного разрешения MODIS и Landsat-TM/ETM⁺ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 9–27.
- Рогова Т. В., Прохоров В. Е., Шайхутдинова Г. А., Шагиев Б. Р. Электронные базы фитоиндикационных данных в системах оценки состояния природных экосистем и ведения кадастров биоразнообразия // Ученые записки Казанского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2010. Т. 152. Кн. 1. С. 174–181.
- Araújo M. B., Pearson R. G., Thuiller W., Erhard M. Validation of Species – climate Impact Models under Climate Change // Global Change Biology. 2005. V. 11 (9). P. 1504–1513. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x)
- Elith J., Phillips S. J., Hastie T., Dudík M., Chee Y. E., Yates C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists // Diversity and Distributions. 2011. V. 17 (1). P. 43–57. DOI: [10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x](https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x)
- Fick S. E., Hijmans R. J. WorldClim 2: new 1×1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2017. V. 37 (12). P. 4302–4315. DOI: [10.1002/joc.5086](https://doi.org/10.1002/joc.5086)
- Hengl T., De Jesus J. M., MacMillan R. A., Batjes N. H., Heuvelink G. B. M., Ribeiro E., Samuel-Rosa A., Kempen B., Leenaars J. G. B., Walsh M. G., Gonzalez M. R. SoilGrids1km – Global Soil Information Based on Automated Mapping // PLoS ONE. 2014. V. 9 (8). e105992. DOI: [10.1371/journal.pone.0105992](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105992)
- Liu C., White M., Newell G. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data // Journal of Biogeography. 2013. V. 40. P. 778–789. DOI: [10.2307/2346368](https://doi.org/10.2307/2346368)

- Phillips S. J., Anderson R. P., Dudík M., Schapire R. E., Blair M. E. Opening the black box: an open-source release of Maxent // *Ecography*. 2017. V. 40. P. 887–893. DOI: [10.1111/ecog.03049](https://doi.org/10.1111/ecog.03049)
- Prokhorov V. E., Rogova T. V., Kozhevnikova M. V. Vegetation Database of Tatarstan // *Phytocoenologia*. 2017. V. 47 (3). P. 309–313. DOI: [10.1127/phyto/2017/0172](https://doi.org/10.1127/phyto/2017/0172)

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ БАЗ ДАННЫХ
ДЛЯ ОЦЕНКИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ
КУЛИКОВА ПОЛЯ**

Розова И. В.¹, Волкова Е. М.^{2,1}

¹*Государственный музей-заповедник «Куликово поле», Тула, Россия*

²*Тульский государственный университет, Тула, Россия*

**EXPERIENCE IN CREATING DATABASES FOR ASSESSING
THE BIODIVERSITY OF KULIKOVO FIELD NATURAL COMPLEXES**

Rozova I.¹, Volkova E.^{2,1}

¹*State Museum-Reserve «The Kulikovo Field», Tula, Russia*

²*Tula State University, Tula, Russia*

Corresponding e-mail: rozovai@yandex.ru

Summary: state museum-reserve «The Kulikovo Field» is located in the south-east of the Tula region, 250 km from Moscow and 130 km from Tula. During the period of existence of the Museum-reserve has accumulated a wealth of material in the herbarium of vascular plants, fungi, lichens, more than 1 000 geobotanical descriptions, zoological observations, and also about 2 000 descriptions of soil pits, which was created by paleolandscape map, modern and paleosalinity map. We have developed a database of the plant cover of the Kulikovo field as the most studied and diverse natural component.

Keywords: museum-reserve «The Kulikovo Field», database of the plant cover, geobotanical descriptions, biodiversity assessment

Государственный военно-исторический и природный музей-заповедник «Куликово поле» расположен на юго-востоке Тульской области в 250 км от Москвы, в 130 км от Тулы. Согласно геоботаническому районированию, территория располагается в северной подзоне лесостепной зоны (Растительность..., 1980). Одним из важных направлений научной деятельности музея-заповедника является изучение биоразнообразия территории музея-заповедника и его ближайших окрестностей. Общая площадь территории составляет 75.5 км² (Розова, Попов, 2018). За период существования музея-заповедника накоплен богатый материал: гербарий сосудистых растений, грибов, лишайников; зоологические наблюдения, а также около 2 000 описаний почвенных шурфов, по которым, с использованием современных и исторических картографических материалов, а также космических снимков, и были созданы карты палеоландшафта, современной и палеорастительности, ценных археологических и природных объектов и др.

С целью обобщения и анализа данных о сосудистых растениях и других компонентах биоты, а также о структуре почв, экосистемах и ландшафтных комплексах, являющихся объектами изучения, мы разработали тематические базы данных с использованием Microsoft Access. Выбор этого программного продукта позволил без дополнительных затрат на программное обеспечение и обучение специалиста разработать базы данных с учетом специфики деятельности музея-заповедника. Так, например, в базе данных сосудистых растений имеется справочная информация о периоде цветения и плодоношения, о морфологических

особенностях каждого вида, его экологии, сведения о лекарственных свойствах, легендах и иная полезная информации, используемая в экскурсионной и просветительской деятельности музея-заповедника.

Флористическое разнообразие Куликова поля определяется климатическими особенностями территории, местоположением, спецификой геологического строения, а также степенью антропогенного воздействия на ландшафты. В этой связи активно пополняется база данных растительного покрова Куликова поля как наиболее изученного и разнообразного природного компонента. В настоящее время база данных содержит более 30 000 записей, более 1 000 описаний пробных площадей с указанием географических координат, содержит информацию о 615 видах сосудистых растений.

Другим компонентом растительного покрова являются мохообразные. Они наиболее часто встречаются в обводненных экосистемах, реже – в лугово-степных и лесных. Бриофлора насчитывает 101 вид, из них 8 видов имеют природоохранный статус (Попова, 2015). Изучение лишенофлоры Куликова поля позволило выявить 93 вида лишайников. Среди них в основной список Красной книги Тульской области включены 6 видов, еще 12 видов внесены в список редких видов, нуждающихся в постоянном мониторинге (Мучник, 2018). Разработаны базы данных по брио- и микофлоре Куликова поля. Информация об объектах вносится с обязательным указанием географических координат с целью дальнейшего пространственного анализа и визуализации в ГИС.

Для детальной оценки разнообразия экосистем территории музея-заповедника, а также оцифровки мы использовали спутниковое цветосинтезированное изображение с КА «GeoEye» с пространственным разрешением 0.5 м на 1 пиксел. Нами были выделены различные типы экосистем: леса, лесополосы, сельскохозяйственные поля, поля восстановления степной растительности, участки естественного восстановления растительности (бывшие залежи), луга, залежи, водные объекты. Выделение экосистем производилось с учетом находящегося на них растительного покрова. Высокой ценностью характеризуются лугово-степные сообщества, сформированные на известняковых склонах балок и в речных долинах, которые занимают сегодня незначительную площадь.

Создание различных запросов к базам данных, в которых содержится информация, в том числе и о местоположении объектов, дает возможность визуализации данных в ГИС, пространственного анализа, а также составления различных тематических карт, что является преимуществом графической интерпретации в удобном виде и необходимом масштабе.

Использование баз данных и геоинформационных систем нашло применение в планировании работ и составлении рекомендаций для восстановления природно-исторического ландшафта времени Куликовской битвы, а также разработке режимов охраны ценных природных территорий и отдельных редких видов растений.

Благодарности

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 19-44-710001p_a и договором № ДС/100 с правительством Тульской области.

Литература

Мучник Е. Э. К изучению разнообразия лишенобиоты в лесостепной зоне Центральной России // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: историко-культурные и природные территории: сб. науч. стат. Под ред. О. В. Буровой, Е. М. Волковой, О. В. Швеца. Вып. 4. Тула: Государственный музей-заповедник «Куликово поле»: Русское географическое общество, 2018. С. 90.

- Попова Н. Н., Телеганова В. В., Бойчук М. А. Бриофлора государственного военно-исторического и природного музея-заповедника «Куликово поле» // *Arctoa*. 2015. V. 24. № 2. Р. 15–21.
- Растительность Европейской части СССР / С. А. Грибова, Т. И. Исаченко, Е. М. Лавренко. Ленинград: Наука, 1980. 425 с.
- Розова И. В., Попов С. Ю. Инвентаризация земель Государственного музея-заповедника «Куликово поле» // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: историко-культурные и природные территории: сб. науч. стат. Под ред. О. В. Буровой, Е. М. Волковой, О. В. Швец. Вып. 4. Тула: Государственный музей-заповедник «Куликово поле»: Русское географическое общество, 2018. С. 205.

БАЗА ДАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЛИСТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДНЫХ И ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА

Ронжина Д. А.^{1,2}

¹*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

²*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

LEAF FUNCTIONAL TRAITS DATABASE OF AQUATIC AND WETLAND PLANTS OF THE MIDDLE URAL

Ronzhina D. A.^{1,2}

¹*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,*

ORCID: [0000-0003-0854-0223](https://orcid.org/0000-0003-0854-0223)

²*Tyumen State University, Tyumen, Russia,*

Corresponding e-mail: dar03@mail.ru

Summary: a database of leaf functional traits of 85 aquatic and wetland plants species of the Middle Urals has been created. It contains information on 35 leaf parameters including leaf mass per area, leaf dry matter content, chlorophyll content, net assimilation rate, stomatal conductance, water use efficiency, leaf lifespan, etc. The database is used to identify directions of plant adaptation to environmental factors, to analyze the functional diversity of aquatic and wetland plants and to create a plant functional classification.

Keywords: leaf area, leaf thickness, leaf density, leaf mass per area, leaf dry matter content, chlorophyll content, net assimilation rate, stomatal conductance, water use efficiency, leaf lifespan

В последнее время в экологии сообществ растёт понимание необходимости лучшего представления биоразнообразия, в частности, таксономического состава и функционального компонента разнообразия, которые необходимы для моделирования процессов функционирования экосистем и прогнозирования последствий глобальных климатических изменений (Violle et al., 2014). Для оценки функционального разнообразия сообщества изучают функциональные черты видов, входящих в его состав. Функциональные признаки определяются как морфологические, физиологические и фенологические особенности вида, которые влияют на рост, размножение и выживание (Violle et al., 2007).

С целью изучения функционального разнообразия водных и прибрежно-водных растений Среднего Урала были определены функциональные листовые параметры у 85 видов и создана база данных. В базу данных включены следующие показатели: площадь, толщина и плотность листа, сухой вес единицы площади листа, содержание воды и сухого вещества в листе, количество фотосинтетических пигментов, продолжительность жизни листа, скорость фотосинтеза, проводимость устьиц и эффективность использования воды. Всего база данных содержит около 35 функциональных листовых параметров. В базе данных также представлены сведения о систематическом положении, биоморфологической характеристике, географическом распространении, частоте встречаемости, экологической и ценотической группе вида.

База данных была использована для выявления специфики адаптации групп гидрофитов с разной степенью контакта с водной средой и грунтом к комплексу условий местообитания

(Ронжина и др., 2009, 2010; Ронжина, Иванов, 2014). Данные о функциональных чертах листьев прибрежно-водных растений Среднего Урала были привлечены для установления механизмов приспособления растений ветландов к произрастанию в семиаридном климате на Южном Урале (Ронжина и др., 2019б) и в Монголии (Ронжина и др., 2007, 2019а). Кроме того, сравнительный анализ структурно-функциональных параметров листьев у инвазионных и аборигенных видов водных и прибрежно-водных растений позволил обнаружить физиологические причины большой конкурентоспособности инвазионных видов (Ронжина, 2006; Ronzhina, 2017).

Данные о функциональных чертах листьев водных растений Среднего Урала помещены в международную базу данных TRY Plant Trait Database (<https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>) и были использованы для анализа разнообразия листовых показателей растений в публикации Kattge et al. (2020).

В настоящее время база данных применяется для выявления направлений адаптации растений к экологическим факторам, анализа функционального разнообразия прибрежно-водных растений и для создания функциональной классификации растений.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Госзадания Ботанического сада УрО РАН.

Литература

- Ронжина Д. А. Физиологические аспекты натурализации *Elodea canadensis* Michx // Адвентивная и синантропная флора России и стран ближнего зарубежья: состояние и перспективы: материалы III Международной научной конференции. Под ред. О. Г. Барановой и А. Н. Пузырева. Ижевск: Изд-во Удмуртского у-та, 2006. С. 87–88.
- Ронжина Д. А., Иванов Л. А. Конструкционная цена и мезоструктура листьев гидрофитов // Физиология растений. 2014. Т. 61. № 6. С. 824–832. DOI: [10.7868/S0015330314060177](https://doi.org/10.7868/S0015330314060177)
- Ронжина Д. А., Иванов Л. А., Иванова Л. А. Разнообразие листовых параметров у прибрежно-водных растений Монголии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019а. № 18. С. 523–526. DOI: [10.14258/pbssm.2019110](https://doi.org/10.14258/pbssm.2019110)
- Ронжина Д. А., Иванов Л. А., Ламберс Г., Пьянков В. И. Изменение химического состава листьев гидрофитов при адаптации к водной среде // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 3. С. 359–402.
- Ронжина Д. А., Иванов Л. А., Пьянков В. И. Химический состав листа и структура фотосинтетического аппарата высших водных растений // Физиология растений. 2010. Т. 57. № 3. С. 389–397.
- Ронжина Д. А., Иванова Л. А., Иванов Л. А. Листовые функциональные черты и биомасса растений ветландов в лесной и степной зонах // Физиология растений. 2019б. Т. 66. № 3. С. 207–217. DOI: [10.1134/S0015330319030126](https://doi.org/10.1134/S0015330319030126)
- Ронжина Д. А., Иванова Л. А., Иванов Л. А. Сравнительный анализ листовых параметров гидрофильных растений степной и лесной зон России и Монголии // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: материалы VI Междунар. науч.-практ. конференции. Под ред. А. И. Шмакова и др. Барнаул: АзБука, 2007. С. 346–348.
- Kattge J., Bönsch G., Díaz S. et al. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access // Global Change Biology. 2020. V. 26. P. 119–188. DOI: [10.1111/gcb.14904](https://doi.org/10.1111/gcb.14904)
- Ronzhina D. A. Distribution, competitive ability, and seed production of *Bidens frondosa* L. in the Middle Urals // Russian Journal of Biological Invasions. 2017. V. 8. P. 351–359. DOI: [10.1134/S2075111717040099](https://doi.org/10.1134/S2075111717040099)
- Violle C., Navas M.-L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier E. Let the concept of trait be functional! // Oikos. 2007. V. 116. P. 882–892. DOI: [10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x](https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x)
- Violle C., Reich P. B., Pacala S. W., Enquist B. J., Kattge J. The emergence and promise of functional biogeography // PNAS. 2014. V. 111. P. 13690–13696. DOI: [10.1073/pnas.1415442111](https://doi.org/10.1073/pnas.1415442111)

**СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ТРОПИЧЕСКИХ
И СУБТРОПИЧЕСКИХ ЛИАН В ОРАНЖЕРЕЙНОМ КОМПЛЕКСЕ
БОТАНИЧЕСКОГО САДА УРО РАН**

Савицкий Е. В.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**CREATION OF A DATABASE OF TROPICAL
AND SUBTROPICAL LIANAS IN THE GREENHOUSE COMPLEX
OF THE BOTANICAL GARDEN OF THE URAL BRANCH OF RAS**

Savitsky E. V.

*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: savickiy@mail.ru

Summary: historical data on the creation of a collection of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and the employees who worked with them are presented. The initial information on the creation of a database of tropical and subtropical lianas and further plans for its application are considered.

Keywords: Botanical garden, plant collections, greenhouses, employees, creepers, database

Начало сбора коллекций оранжерейных тропических и субтропических растений Ботанического сада УрО РАН было положено еще в 1921 г., когда при Уральском государственном университете профессором кафедры физиологии и анатомии растений Александром Сергеевичем Казанским был организован учебный ботанический сад. Расформировали это учреждение в 1932 г., когда на его территории началось строительство городской больницы (Мамаев, 1998). Растения передали в оранжереи Треста зеленого хозяйства г. Свердловска. При создании 28 августа 1936 г. нового ботанического сада, прямого предшественника Ботанического сада Уральского отделения РАН, оранжерейную коллекцию передали в новое учреждение. Новое городское культурное ботаническое учреждение, занимающее территорию площадью 3.1 га, построили на улице 4-й Мельковке (в настоящее время улица Азина) (Мамаев, 2006). Директором Ботанического сада назначили известного уральского краеведа Лебедева Александра Сергеевича, работавшего в то время хранителем музея УОЛЕ. Научным руководителем назначили профессора ботаники А. С. Казанского. Коллекция по-прежнему размещалась в оранжерее Треста зеленого хозяйства до 1941 г.

Ботаническому саду в 1939 г. выделили новую территорию возле улицы 8 Марта. Но коллекция оранжерейных растений временно была размещена в помещениях Дома Красной Армии на улице Первомайской. В этом месте коллекция хранилась и во время Великой Отечественной войны. Из-за содержания в несоответствующих условиях многие растения погибли. Позднее на территории Ботанического сада началось строительство настоящей оранжереи, которое удалось завершить лишь к 1952 г. (Мамаев, 1998). Коллекцию теплолюбивых растений, привезенную из Дома Красной Армии, переместили в эту самую оранжерею.

Впоследствии на территории Ботанического сада построили оранжерейный комплекс и появилась возможность расширения списка коллекции растений (Мамаев, 1986).

Начиная с 30-х годов за оранжерейной коллекцией ухаживала Клавдия Герасимовна Лисина. Также за сохранность коллекций отвечала Антонина Ивановна Крючкова, много лет проработавшая в Ботаническом саду. Много лет руководила работниками оранжерейного комплекса научный сотрудник Зинаида Ивановна Трофимова. На смену З. И. Трофимовой пришли Неонила Ивановна Полякова, Зоя Дмитриевна Зайцева, Светлана Ивановна Деменьшина.

При курировании коллекций оранжерейных растений научными сотрудниками З. Д. Зайцевой и С. И. Деменьшиной оранжерейный комплекс стал серьезным центром пропаганды введения в комнатную культуру растений защищенного грунта, происходивших из Южной и Центральной Америки, Африки, Средиземноморья и Юго-Восточной Азии (Мамаев, 1986). Кроме весомого расширения видового состава коллекций (от сотен до двух тысяч видов) растений, в оранжереях чаще стали проводить экскурсии, где можно познакомиться с самыми разнообразными представителями тропической и субтропической флоры.

После учреждения Совета ботанических садов Урала и Поволжья в 1964 г. директором Ботанического сада, Станиславом Александровичем Мамаевым, появилась возможность регулярного пополнения и обмена оранжерейных коллекций растений.

Предметом наших исследований являются коллекции тропических и субтропических лиан в оранжереях Ботанического сада УрО РАН. В коллекции насчитывается около 200 таксонов лиановидных растений, включающих 135 видов из 29 семейств. В настоящее время нами создается база данных видов в рамках работ по общей инвентаризации коллекции. База данных включает название вида, рода, семейства, класса, географическое распространение, индекс декоративности, оценку по шкале перспективности для использования в озеленении интерьеров. В будущем на основе подготовленной базы данных и анализа эколого-биологических особенностей тропических и субтропических лиан будут разработаны рекомендации расширения ассортимента, декоративности интерьерных растений на основе оранжерейной коллекции.

Литература

- Мамаев С. А. Ботанический сад на Урале: путеводитель. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986.
Мамаев С. А. Ботанический сад Уральского отделения РАН. Екатеринбург: УрО РАН, 1998.
Мамаев С. А. Ботаническому саду Уральского отделения РАН – 70 лет (История развития и краткое описание коллекций Ботанического сада). Екатеринбург: УрО РАН, 2006.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ АЗИАТСКОЙ РОССИИ

Санданов Д. В.

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
Улан-Удэ, Россия*

DEVELOPING THE DATABASE OF VASCULAR PLANTS DISTRIBUTION FOR ASIAN RUSSIA

Sandanov D. V.

*Institute of General and Experimental Biology of SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
ORCID: [0000-0002-8504-3485](https://orcid.org/0000-0002-8504-3485)*

Corresponding e-mail: sdenis1178@mail.ru

Summary: preliminary database of vascular plant species distribution for Asian Russia have been elaborated. Currently it contains information of distribution for more than 7 000 taxa with more than 1 700 000 localities. Main sources and challenges of elaborating this database have been discussed.

Keywords: database, plant species distribution, Asian Russia

Активные ботанические исследования последних десятилетий позволили накопить множество ценной флористической информации и данных о распространении видов растений. Наступившая эра «больших данных» предъявляет насущные требования к методологии проводимых исследований и программным средствам анализа. Крупные массивы информации в основном обобщаются в различных базах данных, что позволяет структурировать имеющиеся данные, а также провести их анализ и оценку. Отмечается, что информация по распространению видов растений на территории России очень слабо представлена в открытых базах данных (Санданов, 2019). Более подробное исследование на глобальном уровне показало, что на сегодня оцифровано лишь только 10 % биологических коллекций и процесс развития баз данных о биоразнообразии до сих пор находится на первоначальном уровне сбора информации (Ball-Damerow et al., 2019). Поэтому нами начаты исследования по разработке базы данных по распространению сосудистых растений Азиатской России.

В качестве основы для базового списка видов флоры использован Конспект Азиатской России (Конспект..., 2012). В дальнейшем для каждого вида была подготовлена синонимика в соответствии с глобальными базами Catalogue of Life (инструмент «List Matching Service») и The Plant List (инструмент «The taxonomic name resolution service»). Поскольку ресурс The Plant List в настоящее время несколько устарел, основной акцент исследований ориентировался на Catalogue of Life, так как это современная база данных по таксономии, которая регулярно обновляется из других 170 баз данных. Эта номенклатура будет использоваться и в дальнейших исследованиях, так как данный подход позволяет объединить таксономические списки из различных регионов.

Если объем родов и семейств в соответствии с современной таксономией можно заимствовать из глобальных баз данных, то к вопросам объема видов необходим комплексный

подход. Таксоны видового ранга являются основным объектом исследований флористов, геоботаников, экологов. В глобальном масштабе нет смысла выделять отдельные региональные расы как самостоятельные таксоны, но они могут быть эффективным и полезным инструментом для выявления региональных особенностей флоры и растительности, темпов формообразования в тех или иных группах растений и т.д. Поэтому на видовом уровне параллельно с номенклатурой, гармонизированной с Catalogue of Life, создана номенклатура с учетом результатов современных таксономических исследований и филогенетических реконструкций. В последнем случае на внутриродовом уровне принята монотипическая концепция, т.е. все подвиды и ряд разновидностей, описанные не как экологические формы, а как региональные расы, приняты в ранге вида. Близкородственные и трудноразличимые виды объединены в агрегаты (Cherpinoga et al., 2018).

В настоящее время базовый список сосудистых растений Азиатской России включает 8 430 видов и гибридов из 1 158 родов и 162 семейств. Число гибридов насчитывает 352 таксона, из которых 274 имеют биномиальные названия, а 78 представлены гибридными формулами. Из 8 430 таксонов видового ранга 2 943 вида (35 %) объединены в 1 012 агрегатов. В соответствии с объемом видов, принятом в Catalogue of Life, флора Азиатской России насчитывает 6 979 видов, а также 668 подвидов и разновидностей (данные представлены В. В. Чепиной).

Для всех регионов Азиатской России организован сбор данных по распространению видов растений. Проанализированы различные публикации (атласы и флоры регионов с картами распространения видов, конспекты региональных и локальных флор, Красные книги, статьи по флористическим находкам и др.), проведена частичная оцифровка региональных гербариев (VLA, MAG, TK, NS, NSK, KRAS, ALTB, IRK, IRKU, UUN – фотографии гербарных листов и их этикеток), привлечены неопубликованные данные авторов проекта, собраны онлайн-данные (цифровые гербарии с геопривязками, данные проекта iNaturalist, сведения из Агроэкологического атласа России и сопредельных стран, геопривязки проекта «Плантариум»), географические координаты распространения видов из геоботанических описаний.

Большой массив информации получен с использованием открытых баз данных. Например, по данным на 2019 год на портале GBIF для территории Азиатской России доступно 106 443 точки находок 4 838 видов из гербария МГУ. Определенный интерес представляет информация о распространении видов растений в проекте iNaturalist (данные также в наличии в свободном доступе на портале GBIF). Этот набор данных представляет детальную информацию о местонахождении широко распространенных видов растений, которые зачастую в меньшей степени представлены в гербарных коллекциях. Активное участие пользователей из России в проекте iNaturalist в 2019 году добавило к базе данных по флоре Азиатской России 64 779 наблюдений для 3 137 видов растений (все определения видов подтверждены более чем 2 пользователями).

Объем полученной информации из всех вышеуказанных источников по номенклатуре Catalogue of Life составил 650 598 местонахождений для 5 283 таксонов.

Наиболее значимый массив данных получен после оцифровки карт ареалов видов из сводок «Флора Сибири» (1987–2003) и «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» (1985–1996), что составило более 1 миллиона точек распространения видов. В настоящее время ведется работа с этим массивом данных. Прежде всего, это сверка всех точек распространения видов. Имеющиеся точки анализируются в различных программах и ГИС-пакетах, детализация координат проводится с учетом ландшафта и типов растительных сообществ, для окончательной корректировки используются данные по рельефу. Схожий алгоритм ранее применялся при создании базы локалитетов редких сосудистых растений Бурятии (Санданов,

2016). Проводится анализ современных флористических публикаций, при наличии новых данных о распространении ареалы видов дополняются.

Предварительный анализ полученных данных выявил большое число точек местонахождений видов на юге Сибири и Дальнего Востока. Это, прежде всего, связано с высоким видовым разнообразием этих территорий, а также с их большей изученностью. Вместе с тем, анализ с использованием сеточного картирования в масштабе 100×100 км выявил наличие большого числа ячеек (52.7 %), для которых отмечено менее 100 местонахождений видов на $10\,000\text{ км}^2$. Этот факт можно объяснить меньшей изученностью территорий с данными ячейками, особенно в средних широтах Сибири и на северо-востоке Дальнего Востока.

При формировании общей базы данных особую сложность вызвало объединение всей полученной информации. Массивы объединялись на основе номенклатуры Catalogue of Life. При ситуации с более широким пониманием вида ареалы всех мелких видов объединялись. Полученный объединенный ареал вида также отображался на карте и предварительно анализировался. Эти исследования еще находятся в процессе разработки. Предварительный объем базы данных на текущий момент составляет более 1 700 000 местонахождений для более 7 000 таксонов.

Таким образом, проведены крупные обобщения по флоре и распространению видов растений на территории Азиатской России. Вся имеющаяся информация обновлена с учетом современных флористических сводок и публикаций. Проведена консолидация большого массива данных по распространению сосудистых растений на малоизученной территории Азиатской России.

Благодарности

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов РФФИ, проекты № 19-54-53014, № 20-45-380009 и частично в рамках государственного задания по теме № АААА-А17-117011810036-3. Автор выражает благодарность коллегам из Пекинского университета (проф. Жихенг Ван и Ичао Ли) за помощь в оцифровке карт из сводок «Флора Сибири» и «Сосудистые растения советского Дальнего Востока».

Литература

- Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / Л. И. Малышев и др. Под ред. К. С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
- Санданов Д. В. Геоинформационный анализ распространения редких сосудистых растений на территории Бурятии // Ученые записки Забайкальского государственного университета. 2016. Т. 11. № 1. С. 38–45.
- Санданов Д. В. Современные подходы к моделированию разнообразия и пространственному распределению видов растений: перспективы их применения в России // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 46. С. 82–114. DOI: [10.17223/19988591/46/5](https://doi.org/10.17223/19988591/46/5)
- Ball-Damerow J. E., Brenskelle L., Barve N., Soltis P. S., Sierwald P., Bieler R., LaFrance R., Arico A. H., Guralnick R. P. Research applications of primary biodiversity databases in the digital age // PLoS ONE. 2019. V. 14 (9). e0215794. DOI: [10.1371/journal.pone.0215794](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215794)
- Chepinoga V. V., Doronkin V. M., Xue J. Progress in compiling backbone taxonomy for vascular plants of Asian part of Russia // 1st International Symposium on Mapping Asia Plants. Beijing, 2018. P. 30–31.

ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Светашева Т. Ю.¹, Серегин А. П.²

¹*Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого,
Тула, Россия*

²*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

DIGITAL HERBARIUM OF THE TULA OBLAST

Svetasheva T. Yu.¹, Seregin A. P.²

¹*Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0002-1824-7453](https://orcid.org/0000-0002-1824-7453)*

Corresponding e-mail: foxtail_svelt@mail.ru

Summary: here are the results of the first-year project aimed to assess the actual diversity and spatial structure of the Tula Oblast flora by combining various data sources on a single platform, visualizing all available information by digitizing data and creating a multi-functional electronic resource with open access.

Keywords: flora, vascular plants, Tula Oblast, herbarium collections, digitizing, database, field observations

Введение

XXI век – эра цифровой жизни. Почти любой интеллектуальный ресурс, находящийся в любой точке Земли, сегодня возможно изучать, «не сдвигаясь с места», с помощью электронных передающих устройств. В то же время «пыльные архивы», хранящиеся за тридевять земель за семью замками, остаются невостребованными, несмотря на колоссальный пласт скрытой в них ценнейшей информации. Часто такая судьба постигает и региональные гербарные коллекции, размещенные вдали от крупных научных центров. Чтобы вывести их из «шкафа» в мировое электронное пространство, нами был разработан проект «Оценка разнообразия и визуализация флоры Тульской области», в рамках которого запланировано создание цифрового гербария Тульской области. Цифровой гербарий, синхронизированный, с одной стороны, с физическими коллекциями и, с другой стороны, встроенный в глобальную информационную систему данных открытого доступа, формирует принципиально новый уровень получения знаний и новый способ вовлечения региональных данных в международный научный оборот.

Актуальность настоящего исследования для Тульской области заключается в том, что это один из самых высокоразвитых промышленных регионов Центрального экономического района России, характеризующийся высокоразвитой промышленностью (> 120 крупных предприятий), густой транспортной сетью, высоким процентом освоенности земель. В то же время, общая площадь особо охраняемых природных территорий составляет лишь 0.34 % от площади области, почти в 30 раз меньше нижнего предела нормы (10 %). Все это в совокупности привело к сокращению площадей, занятых естественной растительностью и, как следствие, созданию угрозы для существования многих видов дикорастущих растений, появлению чужеродных видов. Таким образом, проблема сохранения биоразнообразия в Тульской области стоит

особенно остро и требуется постоянный мониторинг как аборигенных, так и заносных видов. Базисом мониторинга, его контрольным отправным пунктом могут послужить коллекции биологического материала, в нашем случае – объединенный блок сведений о всех гербарных образцах растений, собранных на территории Тульской области.

Участниками проекта стали пять научных и образовательных организаций: Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого (ТГПУ), Тульский государственный университет (ТулГУ), Объединение «Историко-краеведческий и художественный музей», Государственный военно-исторический и природный музей-заповедник «Куликово поле», Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ). Важно отметить, что коллекции Тульского краеведческого музея, МГУ и ТГПУ имеют не только важное биологическое, но и историческое значение, поскольку содержат сборы конца XIX – начала XX веков. Инвентаризация всех гербарных фондов и объединение их на одной веб-площадке обеспечит доступ к полным сведениям о флоре Тульской области.

Результаты и их обсуждение

Основной целью первого этапа проекта стало накопление и структурирование электронных данных о разнообразии сосудистых растений Тульской области. За первый год реализации проекта в соответствии с планом удалось выполнить указанные ниже пункты:

1) Инвентаризация образцов гербарных коллекций, хранящихся в научном гербарии ТГПУ им. Л. Н. Толстого: зарегистрировано 9 211 гербарных листов, собранных на территории Тульской области. Уточнены данные по коллекции тульской флоры, хранящейся в гербарии МГУ имени М. В. Ломоносова – 5 026 образцов;

2) Определение и уточнение таксономической принадлежности образцов сложных таксономических групп растений. Монографами по группам стали известные специалисты. Критическую ревизию прошли более тысячи образцов. Общую проверку прошли все зарегистрированные образцы;

3) Подготовка гербария ТГПУ к сканированию: монтирование образцов, уточнение сведений о местонахождении, дате сбора, коллекторе и детерминаторе; размещение штрихкодов, изготовленных по специальному заказу для ТГПУ им. Л. Н. Толстого;

4) Сканирование и оцифровка гербарных образцов научного гербария ТГПУ им. Л. Н. Толстого: сканирование лицевых сторон гербарных листов в формате TIFF (300 dpi); конвертация графических образов из формата TIFF в формат JPEG; поименование графических образов по номерам штрихкодов; структурирование массива графических образов в соответствии с физическим хранением гербария; запись информации на носители информации (HDD). В результате получено более 9 тысяч высококачественных изображений, которые хранятся офлайн на жестких дисках, а также залиты на портал Цифрового гербария МГУ Национального банка-депозитария живых систем «Ноев ковчег» (<https://plant.depo.msu.ru/open>). Также там хранятся сведения о более 5 тысячах образцов гербария МГУ, и, таким образом, суммарно на портале депозитария сейчас представлены сведения более, чем о 14 тысячах образцах растений, собранных с территории Тульской области;

5) Установка геопривязок (координат точек сбора) для гербарных образцов Тульской области, хранящихся в гербарии им. Сырейщикова (МГУ) – около 4 тысяч.

Кроме запланированных на 2019 г. работ, в целях оптимизации работы над проектом было сделано следующее:

- осуществлен ввод всей имеющейся информации об образцах в электронную базу данных (9 211 записей), созданную на основе программы Microsoft Access;
- корректировка данных с учетом объединения всех найденных источников;

- сформирован актуальный этикетаж, с указанием уникальных номеров гербарных образцов, содержащих международный акроним TUL.

Отдельно необходимо отметить регистрацию ТГПУ им. Л. Н. Толстого на международном портале о биоразнообразии GBIF, где в настоящее время уже размещен блок данных о гербарной коллекции ТГПУ (page Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, <https://www.gbif.org/publisher/395ea578-215d-4e45-bf45-b005f320e84b>), включающий 9 000 единиц.

В дополнение к основной части проекта проведены полевые исследования и фотонаблюдения для получения свежих данных о современном распространении растений по территории Тульской области, в том числе видов ООПТ и внесенных в региональную Красную Книгу (Светашева, Шереметьева, Лакомов, 2019; Шереметьева, Светашева, 2019; Светашева, Шереметьева, 2019). Для накопления и размещения полученных данных в открытом доступе на международной интернет-платформе iNaturalist был создан портал «Флора Тульской области» (<https://www.inaturalist.org/projects/tula-oblast-flora>) и проведен комплекс работ по привлечению натуралистов-любителей и профессиональных ботаников. Благодаря объединенным усилиям за полгода было опубликовано более 2 200 наблюдений, которые представляют 538 видов сосудистых растений. Полученные данные могут быть использованы для анализа распространения редких и охраняемых видов, в том числе в рамках работ по ведению Красной книги Тульской области, для составления чек-листов, анализа появления и распространения инвазивных видов растений.

Заключение

Объединение данных гербарных коллекций и наблюдений «real-time» позволит не только получить полную картину флоры Тульской области, но и представить ее динамику с начала XX века до наших дней.

Благодарности

Проект осуществляется при поддержке гранта РФФИ 19-44-710002.

Литература

- Светашева Т. Ю., Шереметьева И. С. Мониторинг редких видов грибов и растений ООПТ «Иваньковский сосновый бор на р. Восьма» // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2019. Вып. 4. С. 112–117.
- Светашева Т. Ю., Шереметьева И. С., Лакомов А. Ф. Мониторинг редких и охраняемых видов грибов и растений в ходе обследования ООПТ Тульской области // Вестник Тульского государственного университета. Межрегиональная научная конференция «Изучение и сохранение биоразнообразия Тульской области и сопредельных регионов Российской Федерации», посвященная 120-летию со дня рождения Геннадия Николаевича Лихачёва (20–22 ноября 2019 г.). Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. С. 239–242.
- Шереметьева И. С., Светашева Т. Ю. Новые сведения о редких и охраняемых видах сосудистых растений Красномечья // Вестник Тульского государственного университета. Межрегиональная научная конференция «Изучение и сохранение биоразнообразия Тульской области и сопредельных регионов Российской Федерации», посвященная 120-летию со дня рождения Геннадия Николаевича Лихачёва (20–22 ноября 2019 г.). Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. С. 113–116.

CHECKPLANTLIST.ONLINE – ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ НАЗВАНИЙ ВИДОВ ПО БАЗЕ THE PLANT LIST

Сёмин П. О.¹, Груданов Н. Ю.^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

²Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

CHECKPLANTLIST.ONLINE, A WEB APPLICATION FOR CHECKING SPECIES NAMES USING THE PLANT LIST DATABASE

Syomin P. O.¹, Grudanov N. Yu.^{1,2}

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia,

ORCID: [0000-0002-4015-9206](https://orcid.org/0000-0002-4015-9206)

²Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,

Ekaterinburg, Russia,

ORCID: [0000-0002-0498-2975](https://orcid.org/0000-0002-0498-2975)

Corresponding e-mail: pas.ntg@gmail.com

Summary: the paper features checkplantlist.online, a Shiny web application built on the top of plantlist package. The application performs a bulk check of names of plant species using The Plant List database.

Keywords: plantlist, R, application, shiny app

Ботаникам часто приходится проверять названия видов растений. Необходимость в проверке возникает, например, перед отправкой статьи в научный журнал или загрузкой списка видов в международную базу данных. Растения, помимо принятого видового названия, могут иметь несколько распространенных локально употребляемых синонимов, но для эффективного обмена информацией и научной коммуникации нужно, чтобы везде использовались одинаковые названия.

Ранее на постсоветском пространстве для уточнения статуса применяемого названия использовалась сводка Сергея Кирилловича Черепанова (Черепанов, 1995). Но со временем в связи с интеграцией российской и международной науки, пересмотром статуса многих таксонов актуальной стала проверка названий с помощью глобальных информационных систем ботанической номенклатуры. В частности, список видов или отдельные видовые наименования перед публикацией в научном журнале обычно требуется проверить по одной из международных баз. Например, правила для авторов Ботанического журнала говорят о необходимости проверки используемых в публикации названий по системе The Plant List (Правила для авторов..., 2020).

Интерфейс сайта The Plant List (<http://theplantlist.org>) позволяет искать только одно название за один запрос. Если список большой, то такая ручная работа занимает много времени и становится утомительной. Есть программы, позволяющие проверить весь список сразу, например, пакет plantlist (Zhang, 2018) для языка программирования R (R CoreTeam, 2018), однако для работы с ними нужно знать сам язык программирования, а его знают не все.

Возникает потребность в приложении с графическим интерфейсом, позволяющим проверять список названий видов по базе The Plant List.

Авторы доклада разработали такое приложение. В докладе представлена краткая информация о нем.

Приложение называется `checkplantlist.online`. Это веб-приложение на языке программирования R, написанное с использованием технологии Shiny Apps (Chang et al., 2019).

В основе приложения находится пакет `plantlist`, т.е. технически оно является графическим интерфейсом для данного пакета. Как следствие, возможности и функциональные ограничения приложения почти полностью определяются возможностями и ограничениями лежащего в основе пакета. Основная функция приложения – проверка списка названий видов растений по базе The Plant List. Приложение использует офлайн-выгрузку базы, находящуюся внутри пакета `plantlist`. Поскольку сайт The Plant List, судя по информации на главной странице, обновлялся в последний раз в 2013 году, а выгрузка сделана позже, то она содержит актуальную информацию из базы The Plant List.

Рабочая область приложения разделена на две части: слева вводится список названий, справа отображается результат. Результат представляет собой таблицу с четырьмя колонками: введенное название, статус проверки, принятое название и ссылка на страницу The Plant List с детальной информацией. Введенное название – то, которое указал пользователь. Далее указывается статус, определенный для каждого введенного названия: Accepted (принятое), Synonym (синоним), Unresolved (неразрешенное), Misapplied (некорректно применяемое), Not Found (не найдено) и Error (любая непонятная ошибка). Если статус введенного названия Accepted, то оно отображается в колонке «Принятое название» без изменений. Синонимы и некорректно используемые названия исправляются. Если статус Unresolved, то в качестве принятого подбирается наиболее близкое название. Программа проверяет как сами видовые наименования, так и их авторов. Например, используемое в русскоязычной литературе видовое название *Gentianella amarella* (L.) Börner. будет являться лишь синонимом принятого в системе The Plant List названия *Gentianella amarella* (L.) Harry Sm., несмотря на полное совпадение названия и первого автора.

В некоторых случаях приложение затрудняется с определением принятого названия – тогда оно выводит все названия, которые были найдены в базе для данного вида, включая синонимы, неразрешенные и некорректно применяемые. Приложение не исправляет опечатки: результатом будет Not Found. Исключение – строчная буква в начале имени автора автоматически исправляется на прописную.

Таблицу с результатом работы приложения можно сохранить в форматах CSV (Comma Separated Values) или XLSX (Microsoft Excel Open XML Spreadsheet).

Авторы стремились, чтобы приложение максимально точно определяло принятое название. При тестировании программы не было выявлено каких-либо странностей в работе, кроме тех, которые связаны с ошибками в исходных данных. Тем не менее, авторы не гарантируют, что приложение никогда не ошибается. Ссылка на страницу The Plant List, которая выводится у каждого найденного названия, предназначена для того, чтобы при любых сомнениях исследователь мог самостоятельно проверить, правильно ли определено название в данном случае. Итоговое решение всегда остается за исследователем, а приложение представляет собой только инструмент, уменьшающий объем ручной работы.

В случае высокой востребованности приложения авторы могут расширить его функционал, например, добавить проверку по другим базам, таким как WFO, POWO, IPNI, и доработать интерфейс.

Приложение является бесплатным и находится в Интернете по адресу <https://checkplantlist.online>.

Литература

- Ботанический журнал. Правила для авторов. 2020. URL: <http://botjournal.ru/правила-для-авторов> (дата обращения: 11.02.2020).
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Chang W., Cheng J., Allaire J. J., Xie Y., McPherson J. shiny: Web Application Framework for R: R package version 1.3.0. 2019. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=shiny> (дата обращения: 11.02.2020).
- R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2018. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 11.02.2020).
- Zhang J. plantlist: Looking Up the Status of Plant Scientific Names based on The Plant List Database: R package version 0.6.1. 2018. URL: <https://github.com/helixcn/plantlist/> (дата обращения: 11.02.2020).

МОБИЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ О РАЗНООБРАЗИИ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Сенатор С. А.

*Институт экологии Волжского бассейна РАН,
Тольятти, Россия*

DATA MOBILIZATION ON THE DIVERSITY OF VASCULAR PLANTS IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Senator S. A.

*Institute of Ecology of the Volga river basin of the RAS,
Tolyatti, Russia,
ORCID: [0000-0003-1932-2475](https://orcid.org/0000-0003-1932-2475)*

Corresponding e-mail: stsenator@yandex.ru

Summary: the article reports on the Salix system, which stores and processes information on the flora of vascular plants in the Middle Volga Region. Also, information about creating of an electronic catalogue of PVB herbarium is provided. The obtained data is planned to be published as a data set in the GBIF.

Keywords: data mobilization, vascular plants, Salix system, Middle Volga region

Среднее Поволжье – интересный в ботанико-географическом отношении регион, располагающийся на юго-востоке европейской части России между 51° и 54° с. ш., 45° и 49° в. д. Здесь сходятся границы лесостепной и степной зон, а растительный покров представлен всеми зональными типами сообществ – широколиственными и сосново-широколиственными лесами, разнотравно-дерновинно-злаковыми степями и их экологическими вариантами. Разнообразие сосудистых растений региона составляет не менее 1 900 видов, более 25 % которых находятся на границе своего распространения или близ нее (преимущественно это степные виды с европейско-западноазиатским типом ареала, а также бореальные и бореально-неморальные виды с эвголарктическим типом ареала). О степени антропогенной освоенности территории свидетельствует присутствие во флоре более 460 чужеродных видов.

Флора региона изучена достаточно полно и в настоящее время актуальным является выяснение закономерностей пространственного распределения сосудистых растений и экологических факторов, его обуславливающих. Накопленный массив флористических данных послужил стимулом к созданию в лаборатории проблем фиторазнообразия Института экологии Волжского бассейна РАН информационно-аналитической системы Salix (свидетельство о гос. регистрации № 2017660489 от 22.09.2017). Эта система позволила, с одной стороны, упростить хранение и первичную обработку флористической информации, а с другой – перейти к ее пространственному и статистическому анализу (Senator et al., 2018a). В настоящее время в системе Salix содержится информация о более чем 2 600 видах, микровидах и нотовидах сосудистых растений – аборигенных, чужеродных и культивируемых, которые распределены по 1 188 описаниям, большая часть из них имеет координатную привязку. Все записи,

содержащиеся в Salix, основаны на 370 литературных источниках или на основе личных сообщений сотрудников лаборатории проблем фиторазнообразия.

В этом году в систему Salix добавлена еще одна функция – привязка к гербарному образцу. Таким образом, появилась возможность внести запись о конкретном гербарном образце и обозначить место его хранения.

В 2019 г. была проведена работа по геопривязке данных для Цифрового гербария МГУ (Seregin, 2018b) – обработано более 16 000 гербарных образцов, собранных на территории Среднего Поволжья. Со временем этот массив данных планируется добавить в систему Salix. Одновременно с этим, д-р биол. наук А. П. Серегин (Москва) с помощью процедуры OCR (Seregin, 2018a) создал основу для электронного каталога гербария Института экологии Волжского бассейна РАН (PVB), который доступен на сайте Тольяттинского отделения Русского ботанического общества в виде таблицы Excel (<https://www.sites.google.com/site/tlrb/home/herbarium>). Каталог далеко не полный и содержит информацию о сборах, сделанных после 2007 г., однако он ежегодно дополняется новыми данными и в настоящее время содержит записи о 5 200 гербарных этикеток (13 % от всего общего объема коллекции), в том числе информацию о хранящихся типовых экземплярах.

В 2018 г. на портале GBIF опубликован первый набор данных по флоре Среднего Поволжья, содержащий 20 389 записей (Senator et al., 2018b) и в настоящее время он имеет 7 239 загрузок и 12 цитирований. Этот опыт в ближайшее время будет использован для создания еще одного набора с данными гербария PVB. Коллекция до настоящего времени остается неоцифрованной, однако публикация гербарных этикеток позволит уточнить распространение сосудистых растений и создать основу для их мониторинга, а также откроет новые возможности для флористических исследований в Среднем Поволжье.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 18-49-630004 p_a.

Литература

- Senator S., Klenin A., Saksonov S. Informational and analytical support of oristic diversity researches in the Middle Volga region – SALIX system // Abstracts of the conference “Information Technologies in the Research of Biodiversity” (BIT – 2018). Irkutsk: ISDCT SB RAS, 2018a. P. 76–77.
- Senator S., Saksonov S., Vasjukov V. Flora of the Volga River basin. Occurrence dataset. Version 1.2. Institute of Ecology of the Volga river basin of Russian Academie of Sciences, 2018b. DOI: [10.15468/zwfsle](https://doi.org/10.15468/zwfsle) (accessed via GBIF.org on 2020-02-13).
- Seregin A. Moscow Digital Herbarium: OCR-mining of the text data for the Russia’s largest biodiversity database // Abstracts of the conference “Information Technologies in the Research of Biodiversity” (BIT–2018). Irkutsk: ISDCT SB RAS, 2018a. P. 88–89.
- Seregin A. P. The largest digital herbarium in Russia is now available online! // Taxon. 2018b. V. 67 (2). P. 463–467. DOI: [10.12705/672.34](https://doi.org/10.12705/672.34)

**ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ МГУ:
ЧЕРЕЗ РЕГИОНАЛЬНЫЕ САЙТЫ К КОНСОРЦИУМУ**

Серегин А. П.

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, Россия*

**MOSCOW DIGITAL HERBARIUM:
THROUGH REGIONAL WEB PORTALS TOWARDS A CONSORTIUM**

Seregin A. P.

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
ORCID: 0000-0002-1824-7453*

Corresponding e-mail: botanik.seregin@gmail.com

Summary: Moscow Digital Herbarium launched in 2016 by Moscow University is a consortium since 2019. The Herbarium of Main Botanical Garden, RAS (MHA) and Herbarium of Tula State Pedagogical University (TUL) are now available through this platform. IRKU and KUZ herbaria will join us soon.

Keywords: plant collections, herbaria, digitization

Гербарии мира, насчитывающие 387.5 млн образцов (Thiers, 2019), стремительно оцифровываются. По меньшей мере сведения о 77 млн образцов растений (20 %) уже переведены в электронный вид и в стандартной форме представлены в GBIF. Около 55 млн образцов отсканировано, но только 21.6 млн из них сосредоточены в десяти крупнейших цифровых гербариях – P, L, NY, US, PE, BR, MEXU, MW, K и MPU. Вклад меньших гербариев неуклонно растет в последние несколько лет из-за общего снижения затрат на оцифровку, а также использования платформ и решений, уже разработанных лидерами. В России общая тенденция в основном та же – не менее десяти гербариев начали сканировать свои фонды после того, как Гербарий МГУ, второй по величине гербарий страны, стал цифровым (Seregin, 2016).

В октябре 2016 г. Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова запустил веб-ресурс «Цифровой гербарий МГУ» (англ. «Moscow Digital Herbarium», <https://plant.depo.msu.ru/>) для публикации образцов Гербария университета (Seregin, 2018). В 2015–2018 гг. благодаря финансовой поддержке Российского научного фонда коммерческий партнер отсканировал 93 % наших коллекций с разрешением 300 dpi и всю коллекцию типов с разрешением 600 dpi. По состоянию на 31 декабря 2018 г. (окончание гранта РНФ) веб-портал содержал 968 031 изображение для 971 732 образцов. Почти треть (323 015 записей) имели к этому времени геопривязки. Этот набор данных стал доступен в GBIF с конца 2017 года (Seregin, 2020) в режиме еженедельной синхронизации.

В 2019 г. научной группе Гербария МГУ не удалось найти бюджет для дальнейшей крупномасштабной оцифровки коллекций и исследовательской деятельности для создания «Атласа флоры России». Но неожиданно некоторые малые грантовые заявки были поддержаны в качестве региональных проектов. В связи с этим мы начали расширять Цифровой гербарий МГУ и использовать его уже в качестве веб-хранилища для оцифрованных образцов из

других российских коллекций. Благодаря этому с апреля 2019 г. наша университетская система стала консорциумом.

Гербарий Главного ботанического сада РАН (МНА) – это четвертый по величине гербарий России с 610 000 образцов сосудистых растений. В нем хранятся обширные коллекции из московского региона (город Москва и Московская область), собранные за последние 70 лет, в то время как фонды MW распределены довольно равномерно в течение 200 последних лет. В целом MW и МНА имеют 130 000 образцов из Москвы и области, что делает московский регион территорией с наивысшей плотностью коллекционных данных по сосудистым растениям среди регионов России. Идея регионального исследовательского проекта заключалась в том, чтобы оцифровать и привязать именно этот большой набор данных для правильного понимания изменений во флоре Москвы и ближайших окрестностей во времени и пространстве. С марта по октябрь 2019 г. команда Гербария МНА под руководством Н. Ю. Степановой сделала сканы 49 700 гербарных образцов с разрешением 600 dpi, используя сканер Microtek 1600 Object Scan. В последующие месяцы 60 % из них получили географическую привязку благодаря работе команды Цифрового гербария МГУ.

Кроме того, Гербарий МНА опубликовал 15 000 изображений своих коллекций по флоре Восточной Европы, которые особенно богаты образцами по флоре Нижнего Поволжья. Коллекции МНА сейчас доступны в GBIF (Seregin, Stepanova, 2020) и в Цифровом гербарии МГУ, а 14 706 образцов по флоре Москвы – на недавно созданном веб-сайте «Флора Москвы» (<https://moscow.depo.msu.ru>). На данный момент Гербарий ГБС РАН является вторым по объемам фондов цифровым гербарием России.

Гербарий Тульского государственного педагогического университета (TUL) – самый большой гербарий в Тульской области. Этот регион слабо представлен в центральных российских гербариях, поэтому местные усилия по оцифровке фондов невероятно важны. Совместный региональный проект направлен на оцифровку четырех небольших местных гербариев, начиная с самого большого (TUL). Последний содержит 9 000 образцов из Тульской области, а также некоторые малые коллекции из других областей. В конце 2019 г. Гербарий Тульского государственного педагогического университета приехал ненадолго в Москву. Тот же коммерческий партнер, который участвовал в нашей работе в 2015–2018 гг., отсканировал эти коллекции с разрешением 300 dpi. В настоящее время они доступны как в GBIF (Svetasheva, Seregin, 2020), так и в Цифровом гербарии МГУ.

В 2020–2021 гг. мы планируем отсканировать и создать базу данных по другим гербариям Тульской области – Тульского государственного университета (3 700 образцов), музея-заповедника «Куликово поле» (2 500) и Тульского областного краеведческого музея (2 000). В итоге эти данные будут доступны на новом портале «Флора Тульской области».

В конце 2019 г. благодаря стабильной грантовой поддержке наших начинаний мы собрали бюджет для дальнейшей работы по оцифровке гербарных коллекций уже в азиатской части России. Так, местные органы власти в Иркутской и Кемеровской областях поддерживали наши совместные инициативы региональных гербариев и Гербария МГУ. По крайней мере два новых гербария войдут в список десяти крупнейших цифровых гербариев России в ближайшие два года и появятся как в Цифровом гербарии МГУ, так и в GBIF.

Гербарий Кузбасского ботанического сада (KUZ) – самый активный и, вероятно, самый большой гербарий Кемеровской области. Он содержит 56 000 образцов из России и Казахстана, в том числе 19 000 образцов по флоре области. Команда Гербария KUZ оцифрует все свои коллекции в 2020–2022 гг. с разрешением 600 dpi, используя сканер Microtek 1600 Object Scan.

Значительная часть гранта будет потрачена на новые экспедиционные поездки по сбору гербария в соответствии с целями проекта.

Гербарий Иркутского государственного университета (IRKU) – крупнейший гербарий Байкальской Сибири. Он включает 100 000 образцов сосудистых растений из Сибири и 30 000 образцов из других регионов или групп. По состоянию на начало 2020 г. это 19-й гербарий России по объемам фондов. Сотрудники гербария будут сканировать свои сибирские коллекции с разрешением 600 dpi с использованием той же модели сканеров в течение последующих трех лет. Второй по объемам гербарий Иркутской области (Гербарий Сибирского института физиологии и биохимии растений – IRK) также внесет свой вклад в этот проект в виде заливки 70 000 этикеток без сканирования образцов.

Региональные порталы. Недавно мы запустили сеть региональных расширений Цифрового гербария МГУ для взаимодействия с местными гербариями в качестве равноправных партнеров в документации и исследовании флор отдельных регионов.

Наши местные партнеры (такие как МНА, TUL, KUZ, IRKU) помогают нам избежать ошибок в геопривязке и вводе текста этикеток для образцов из Гербария МГУ из этих регионов, в то время как МГУ предоставляет им полный комплекс IT-решений для загрузки, хранения, поиска и публикации электронных данных на <https://plant.depo.msu.ru/>.

Сеть региональных расширений Цифрового гербария МГУ будет включать пять порталов в ближайшие два года (в т.ч. два уже функционирующих) – город Москва (с 18 сентября 2019 г.), Краснодарский край и Адыгея (с 13 декабря 2019 г.), Тульская область (с начала 2021 г.), Кемеровская область (с середины 2021 г.) и регионы Байкальской Сибири (с конца 2021 года).

Опыт наших пяти успешных региональных заявок наглядно демонстрирует возможность привлечения средств для оцифровки гербарных коллекций. Надеюсь, к нам присоединятся другие гербарии.

Благодарности

Развитие и пополнение Цифрового гербария МГУ сейчас идет по региональным грантам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) из средств:

- РФФИ и Правительства Москвы по проекту № 19-34-70018, рук. А. П. Серегин (сканирование, ввод этикеток и географическая привязка образцов Гербария МНА);
- РФФИ и Правительства Тульской области по проекту № 19-44-710002, рук. Т. Ю. Светашева (сканирование и ввод этикеток образцов Гербария TUL);
- РФФИ и Правительства Краснодарского края по проекту № 19-44-233012, рук. А. П. Серегин (создание базы данных и географическая привязка образцов Гербария МГУ по флоре края);
- РФФИ и Правительства Иркутской области по проекту № 20-45-380009, рук. В. В. Чепинога (оцифровка Гербария IRKU);
- РФФИ и Правительства Кемеровской области по проекту № 20-44-420007, рук. С. А. Шереметова (оцифровка Гербария KUZ).

Литература

- Seregin A. P. Making the Russian flora visible: Fast digitisation of the Moscow University Herbarium (MW) in 2015 // Taxon. 2016. V. 65 (1). P. 205–207. DOI: [10.12705/651.29](https://doi.org/10.12705/651.29)
- Seregin A. P. The largest digital herbarium in Russia is now available online! // Taxon. 2018. V. 67 (2). P. 465–467. DOI: [10.12705/672.34](https://doi.org/10.12705/672.34)

- Seregin A. Moscow University Herbarium (MW). Occurrence dataset. Version 1.118. Lomonosov Moscow State University, 2020. DOI: [10.15468/cpnhcc](https://doi.org/10.15468/cpnhcc) (accessed via GBIF.org on 2020-02-06).
- Seregin A., Stepanova N. MHA Herbarium: Eastern European collections of vascular plants. Occurrence dataset. Version 1.19. GBS RAN – Glavny Botanichesky Sad Rossijskoj Akademii Nauk, 2020. DOI: [10.15468/827lk2](https://doi.org/10.15468/827lk2) (accessed via GBIF.org on 2020-02-06).
- Svetasheva T., Seregin A. TUL Herbarium: Tula Oblast collections of vascular plants. Occurrence dataset. Version 1.6. Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, 2020. DOI: [10.15468/ca08cm](https://doi.org/10.15468/ca08cm) (accessed via GBIF.org on 2020-02-06).
- Thiers B. M. The World's Herbaria 2018: a summary report based on data from Index Herbariorum. Issue 3.0. New York, 2019. 18 p. URL: http://sweetgum.nybg.org/science/docs/The_Worlds_Herbaria_2018.pdf

БАЗА ДАННЫХ ПОЛЕВЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИБАЙКАЛЬЕ

Солодянкина С. В., Вантеева Ю. В.

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

DATABASE OF THE FIELD LANDSCAPE RESEARCHES IN THE BAIKAL REGION

Solodyankina S. V.¹, Vanteeva Yu. V.²

¹*Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia,*
ORCID: [0000-0001-5958-9882](https://orcid.org/0000-0001-5958-9882)

²*Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia,*
ORCID: [0000-0002-5735-7989](https://orcid.org/0000-0002-5735-7989)

Corresponding e-mail: solodyankinasv@mail.ru

Summary: from 2011 to 2019 years field studies (physicogeographical and biogeographical research) were conducted on 413 test plots located on seven study areas on the shores of Lake Baikal. Now we are developing a structured data model to increase data collection speed and form filling accuracy.

Keywords: landscape diversity, the database of ecological factors, classifiers of landscape characteristics, phone app for field research

Введение

Биоразнообразие неразрывно связано с ландшафтным разнообразием, особенно уникальных и естественных ландшафтов. Количественная информация о ландшафтной среде как местообитании живых организмов позволяет выполнять факторный анализ и выявлять зависимости пространственного распространения видов и их экологические ниши.

В цифровую эпоху место традиционного ландшафтоведения занимает цифровое ландшафтоведение на основе геоинформационных технологий, данных дистанционного зондирования Земли. Мы наблюдаем стремительное развитие глобальных информационных сервисов, ориентированных на сбор разнообразных данных. Накопление значительного объема типизированных сведений открыло перспективы применения искусственных интеллектуальных систем. Назревает целесообразность создания мультисервисных систем, ядром которых являются базы данных, содержащие фактологические сведения о многофакторной и многокомпонентной окружающей среде.

Материалы и методы

С 2011 по 2019 год выполнены комплексные физико-географические и биogeографические исследования разных типов ландшафтов на 413 тестовых площадках, расположенных на семи ключевых участках на берегах озера Байкал: в предгорьях Баргузинского хребта; в южной части Олхинского плоскогорья; на острове Ольхон; в южной части Приморского хребта; на Приольхонском плато; в окрестностях дельты р. Селенга; на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан. Эти территории позволяют выявить и учесть разнообразие ландшафтов Прибайкалья, формируемое под влиянием разнообразных факторов – температурного режима,

увлажнения, антропогенной нагрузки и других. Комплексные исследования на каждой тестовой площадке занимают около двух часов времени опытного специалиста, знающего территорию. Следовательно, весь процесс только полевых исследований занял около 100 рабочих дней. На камеральную и лабораторную обработку результатов примерно такой же расход времени.

В результате камеральной обработки полевых описаний сформирована база данных (БД). Исходя из опыта полевых работ и ведения БД описаний составлена логическая модель разрабатываемой автоматизированной БД полевых исследований. Файлы БД по ключевым участкам размещены в сети ResearchGate в профиле авторов.

Для заполнения БД используются классификаторы: типы увлажнения (атмосферное, натежное, грунтовое, пойменное); формы макрорельефа (ровная, кочкарная, бугристо-западинная, бугорковатая, солифлюкционная, промоинная, ребристая, гребнистая, завалуненная); ветровая нагрузка (интенсивная, умеренная, слабая); дренированность (интенсивно-дренированные, дренированные, умеренно дренированные, слабодренированные, недренированные); виды растений (список встреченных видов); типы почв по классификации почв России (2004); горизонты почв по данным полевого определителя почв (2008); гранулометрический состав по шкале Качинского; цвет почвенных горизонтов по шкале Манселла; виды почвенных структур (глыбистая, комковатая, ореховатая, зернистая, пылеватая, столбчатая, призматическая, плитчатая, чешуйчатая); форма границ перехода между горизонтами почвы (ровная, волнистая, языковатая, затечная, размытая); характер перехода (резкий, ясный, заметный, постепенный).

Собранная информация хранится в виде электронных таблиц формата Excel. Для каждого ключевого участка в Прибайкалье создается отдельный файл, в котором содержится следующая информация (листы):

1) общее описание (код тестовой площадки, дата проведения исследования, размер тестовой площадки, координаты и высота над уровнем моря, тип геосистемы, тип растительности, тип почвы, форма рельефа, крутизна и экспозиция склона, проективное покрытие отпада древостоя и сухостоя, выходы горных пород, минералы, тип увлажнения, микрорельеф, протекающие геоморфологические процессы, стадия деградации, примечания);

2) виды растительности (код тестовой площадки, латинское название вида, проективное покрытие каждого вида по ярусам: древостоя, подлеска и подроста, травяно-кустарничкового, мохово-лишайникового покрова; относится ли вид к Красной книге РФ, Иркутской области или Республики Бурятия, эндемичность и гемеробиальность вида);

3) почвы (код тестовой площадки, типа почвы, индекс горизонта, глубина, цвет, влажность, плотность, структура, новообразования, включения, переход и форма границы перехода между почвенными горизонтами, гранулометрический состав, плотность);

4) древесная фитомасса (код тестовой площадки, площадь, ярус, вид, группа возраста, средний диаметр на высоте 1.3 м, средняя высота древостоя, густота, площадь сечения, видовое число по Анучину (1982), объем ствола, объемно-конверсионный коэффициент по Замолодчикову (2003, 2005), запас фитомассы в т/га абс. сух. вещ-ва);

5) расчет объемных запасов древесины релаксометром Битерлиха (код тестовой площадки, вид, возраст, суммы площадей сечений стволов деревьев, видовое число по Анучину (1982), средняя высота, объем ствола);

6) чистая первичная продукция (ЧПП) по древесным кернам (код тестовой площадки, вид дерева, диаметр на высоте 1.3 м, высота, возраст, прирост в предыдущий год (мм), ЧПП в предыдущий год (т/га));

7) укусы (код тестовой площадки, вес надземной фитомассы травяно-кустарничкового яруса в воздушно-сухом состоянии, вес корней с площадок 0.5×0.5 м либо из почвенной колонки 0.1×0.1 м (при наличии дернового горизонта)).

Результаты и их обсуждение

На данный момент наблюдаются следующие проблемы ведения такого вида информации:

- 1) отсутствие общей универсальной структуры данных для всех ключевых участков;
- 2) дублирование данных в различных файлах (например, повторяющиеся виды растений вносятся заново для другого участка);
- 3) возможность опечаток при применении одних и тех же названий;
- 4) сложность обработки информации, поиска, составления всевозможных запросов и выборки по критериям;
- 5) сложность верификации данных.

Для решения этих проблем была поставлена задача: разработать структурированную модель данных. Эта работа снимет проблему дублирования и ошибочного ввода данных. Для описания конкретного участка достаточно будет выбрать характеристику из предлагаемого списка. На основе этой модели возможна разработка специализированного приложения для планшета или смартфона, предназначенного для оптимизации временных затрат на проведение полевых наблюдений. Системность наблюдений с применением структур формальных описаний ландшафтных единиц упорядочит процесс сбора данных и позволит снизить количество ошибок. Разрабатываемый продукт не должен в своей формализации ограничивать исследовательские возможности, позволяя добавлять переменные, классификаторы и категории в классификаторы.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках программы НИР Института географии СО РАН (проект № 0347-2019-0004) при частичной финансовой поддержке РФФИ (№ 17-05-00588) и РГО (№ 17-05-41020 РГО–РФФИ).

Литература

- Анучин Н. П. Лесная таксация: учеб. для вузов. 5-е изд., доп. М.: Лесная пром-сть, 1982. 552 с.
- Замолодчиков Д. Г., Уткин А. М., Коровин Г. Н. Конверсионные коэффициенты фитомасса/запас в связи с дендрометрическими показателями и составом древостоя // Лесоведение. 2005. Вып. 6. С. 78–81.
- Замолодчиков Д. Г., Уткин А. М., Честных О. В. Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу для основных лесообразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. Вып. 1 (32). С. 119–127.
- Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.
- Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.

ОЦИФРОВКА И БАЗЫ ДАННЫХ ГЕРБАРИЯ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМ. Н. В. ЦИЦИНА РАН

Степанова Н. Ю.

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия

DIGITIZATION AND DATA BASES OF HERBARIUM OF THE TSITSIN MAIN BOTANICAL GARDEN RAS

Stepanova N. Yu.

Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow, Russia,
ORCID: [0000-0002-8414-4794](https://orcid.org/0000-0002-8414-4794)

Corresponding e-mail: ny_stepanova@mail.ru

Summary: the Herbarium of the Tsitsin Main Botanical Garden RAS (MHA) at present has become the second herbarium collections of Moscow and has more than 611 000 specimens of vascular plants and 70 000 of Bryophytes. We have begun the digitization of collection MHA since 2017. About 64 000 images of vascular plants are available on <http://plant.depo.msu.ru/> collections of MHA and GBIF (<https://doi.org/10.15468/8271k2>).

Keywords: herbarium, digitization, database, MHA

Сегодня всё более актуальной становится оцифровка различных биологических коллекций и создание их баз данных с возможностью удаленного доступа через Интернет. Одной из крупнейших составляющих биокolleкций, конечно, являются гербарные фонды. И, бесспорно, чрезвычайно важно для центральных гербариев иметь возможность оцифровки своих фондов, как это проводится в крупнейших ботанических учреждениях мира (Ковтонюк, 2017).

Гербарий Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина (международный акроним – МНА) сравнительно молодой. Несмотря на недавнюю дату основания – 1958 г., фонды гербария очень быстро пополнялись, и за короткий срок гербарий ГБС РАН стал одной из основных гербарных коллекций Москвы (Скворцов, Белянина, 2005). В настоящее время гербарий ГБС РАН является вторым в Москве и насчитывает 611 586 листов высших сосудистых растений и около 70 000 образцов мохообразных. Каждый год фонды пополняются: 3 000–4 000 образцов сосудистых растений и примерно 2 000 – мохообразных.

Оцифровка гербарных фондов сосудистых растений началась в 2017 г. с приобретением специализированного сканера ObjectScan 1600. Гербарный фонд подразделен в первую очередь на крупные географические разделы: Дальний Восток, Сибирь, Средняя Азия, Кавказ, Европейская часть, Московская область, Крым, Зарубежный гербарий; а также имеет ряд дополнительных коллекций: типы, коллекция А. К. Скворцова, интродукционный гербарий, дендрологический гербарий. Было принято решение начать сканирование наиболее востребованного раздела для ботаников Центрального региона, где и расположен сам Главный ботанический сад – Европейской части бывшего СССР.

Сканирование образцов проводится с учетом международных стандартов: с разрешением 600 dpi, каждому образцу присваивается индивидуальный номер (номер штрихкода), и прилагается цветовая шкала (24 цвета). Всего за период конец 2017–2018 г. было оцифровано 14 274 образцов раздела «Европейская часть». Параллельно сканированию проводился набор данных этикеток с образцов этого раздела в таблицу Excel.

В 2019 г., приняв участие в проекте РФФИ «Информационная система “Флора Москвы” на платформе Цифрового гербария МГУ» под руководством А. П. Серегина, сканирование раздела «Европейская часть» было приостановлено и была начата оцифровка раздела «Московская область». В рамках проекта все образцы раздела были тщательно пересмотрены на предмет правильности определения, верного указания названия растения, отсутствия дублирования синонимов. Каждому образцу был присвоен индивидуальный номер и наклеен штрихкод. После подготовительного этапа все образцы раздела были оцифрованы с разрешением 600 dpi. Всего было сделано 49 621 сканированных изображений. Эти изображения лежат сегодня в открытом доступе на платформе Цифрового гербария МГУ по адресу: [https://plant.depo.msu.ru/module/collectionpublic?openparams=\[open-id=130169625](https://plant.depo.msu.ru/module/collectionpublic?openparams=[open-id=130169625), а также представлены в базе данных GBIF: <https://doi.org/10.15468/8271k2>. Из всего массива оцифрованных образцов сборы с территории современной Москвы составили 14 705 листов. Они были размещены в информационной системе «Флора Москвы» и доступны по ссылке: [https://moscow.depo.msu.ru/module/collectionpublic?openparams=\[open-id=130169625](https://moscow.depo.msu.ru/module/collectionpublic?openparams=[open-id=130169625).

После успешного размещения изображений гербарных образцов раздела «Московская область» онлайн на платформе Цифрового гербария МГУ с зеркальным отображением в базе данных GBIF, был согласован подобный способ открытого доступа к гербарным образцам ГБС РАН и для других разделов. Таким образом, на сегодняшний день в открытом доступе в Интернете представлено 64 006 изображений образцов сосудистых растений гербария ГБС РАН.

Сегодня продолжается работа по сканированию раздела «Европейская часть», а также осуществляется оцифровка отдельных таксонов по запросам специалистов из других научных учреждений.

В ходе ревизии Типовой коллекции гербария ГБС РАН была создана база данных типов, где собрана наиболее важная информация об образцах: индивидуальный номер (штрихкод), оцифрованное изображение, данные этикетки и оцифрованные протологи. В этой базе данных сегодня имеются данные о 1 807 аутентичных образцах. Эта база данных пока расположена на локальном компьютере и не имеет доступа онлайн (Полуэктов, 2015; Степанова, Полуэктов, 2018).

Одновременно с работой по сосудистым растениям проводится большая работа по оцифровке гербария мохообразных. Данные об образцах мхов представлены в базе данных по флоре мхов России (наряду с образцами из других гербариев), которая доступна по ссылке: <http://arctoa.ru/Flora/basa.php> (Иванов и др., 2017).

Благодарности

Работа была выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН (№ 118021490111-5) и в рамках гранта РФФИ 19-34-70018 мол_а_мос.

Литература

Иванов О. В., Колесникова М. А., Афонина О. М., Акатова Т. В., Баишева Э. З., Белкина О. А., Безгодов А. Г., Чернядьева И. В., Дудов С. В., Федосов В. Э., Игнатова Е. А., Иванова Е. И., Кожин М. Н., Лапшина Е. Д.,

- Нотов А. А., Писаренко О. Ю., Попова Н. Н., Савченко А. Н., Телеганова В. В., Украинская Г. Ю., Игнатов М. С. База данных «Флоры мхов России» // *Arctoa*. 2017. Т. 26. Р. 1–10. DOI: [10.15298/arctoa.26.01](https://doi.org/10.15298/arctoa.26.01)
- Ковтонюк Н. К. Виртуальные гербарные коллекции как ресурс для изучения таксономии и биоразнообразия // *Растительный мир Азиатской России*. 2017. № 1 (25). С. 94–104. DOI: [10.21782/RMAR1995-2449-2017-1\(98-104\)](https://doi.org/10.21782/RMAR1995-2449-2017-1(98-104)).
- Полуэктов С. А. База данных типового гербария Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН // *Ботанические коллекции – национальное достояние России*. Пенза, 2015. С. 164–167.
- Скворцов А. К., Белянина Н. Б. Гербарий Главного ботанического сада Российской Академии наук. М.: РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, 2005. 46 с.
- Степанова Н. Ю., Полуэктов С. А. Типовой гербарий Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН // *Систематические и флористические исследования Северной Евразии: материалы II Международной конференции (к 90-летию со дня рождения профессора А. Г. Еленевского)*. Т. 3. М.: МПГУ, 2018. С. 43–47.

**ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ГРУППЫ ДЕРЕВЬЕВ
В БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ ЗАУРАЛЬЯ В ЗОНАЛЬНОМ ГРАДИЕНТЕ**

Толкач О. В.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**POPULATION GROUPS OF TREES IN BIRCH FOREST STANDS
OF ZAURALYA IN A ZONAL GRADIENT**

Tolkach O. V.

*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,*

ORCID: [0000-0002-4530-3334](https://orcid.org/0000-0002-4530-3334)

Corresponding e-mail: tolkach_o_v@mail.ru

Summary: the formation of the annual radial growth of birch in the stands on the border of the forest and forest-steppe zones is studied. An endogenous variety of physiological responses of trees to external conditions has been established. The multidirectional reaction of the radial growth of trees can be due to different phenoforms, or genetic biodiversity.

Keywords: the radial growth, the birch, the cluster analysis

Внутривидовое разнообразие в древостоях, в том числе произрастающих из поколения в поколение в одних и тех же лесных массивах, хорошо известно (Правдин, 1964). В нашей работе рассмотрены эндогенные реакции деревьев березы на границе зон. Маркером для формирования выборок деревьев было их состояние после зоогенной дефолиации. Иными словами, восстановление кроны (толерантные деревья) или элиминация деревьев (усыхающие).

Цель работы – оценить разнокачественную реакцию на внешние факторы, выражающуюся в особенностях формирования годичного радиального прироста березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в древостоях на границе лесной и лесостепной зон.

Район исследования представлен сосново-березовым предлесостепным округом Зауральской холмисто-предгорной провинции и северолесостепным (колочным) округом Зауральской равнинной провинции по лесорастительному районированию (Колесников и др., 1973) или по зональному делению: лесной зоной (сосново-березовые леса) и зоной лесостепи (подзона северной лесостепи).

Объект исследования – порослевые березняки 50–60-летнего возраста, II–III класса бонитета, полнотой 0.8–0.9. По видовому составу преобладает береза повислая. В лесной зоне насаждения приурочены к дерново-подзолистым слабооподзоленным почвам. В лесостепной зоне – к двум вариантам серых почв: темно-серым и светло-серым. Расстояние между древостоями, расположенными в соседних провинциях (зонах), составляло 10–20 км. Для нивелирования условий произрастания и видового состава древостоя на анализируемые показатели, при отборе кернов подбирались деревья одного вида и одной ступени толщины ствола (20–24 см). Временной период анализа – 16 лет.

Использование кластерного анализа позволило рассмотреть степень сходства между древостоями по показателям годичного радиального прироста. При анализе приростов толерантных деревьев наблюдается зональная группировка древостоев по кластерам. Кластерный анализ динамики годичного радиального прироста усыхающих и толерантных деревьев выявил, что либо усыхающие деревья одной зоны группируются с неусыхающими из другой зоны, либо расходятся по разным кластерам, несмотря на идентичные условия произрастания. То есть в разных лесорастительных зонах динамика радиального прироста деревьев имеет неодностороннюю реакцию.

Несоответствие реакции деревьев внешним факторам в зоне произрастания, возможно, приводит к потере толерантности этих деревьев после дефолиации. Такая разнонаправленная реакция радиального прироста деревьев одного древостоя может быть определена разнообразием феноформ, закреплена генетически и связана с флуктуацией зональной границы.

При анализе средних значений радиального прироста установлено, что в лесостепной зоне усыхают деревья с меньшим радиальным приростом. В лесной зоне ситуация противоположная. Усыхают древостои с большим радиальным приростом, не усыхают с меньшим.

Анализ корреляции величины радиального прироста и погодных условий (среднемесячные показатели осадков, температура и гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) вегетационных периодов текущего и предшествовавшего сезонов) показал, что в лесной зоне радиальный прирост усыхающих деревьев коррелирует с условиями прошлого года. У неусыхающих деревьев никакой корреляции с ГТК и текущего и предыдущего года не отмечается. В лесостепи у толерантных деревьев прослеживается корреляция с гидротермическими условиями и текущего года, и прошлого года. У усыхающих – только с гидротермическими условиями прошлого года. Возможно, одной из причин усыхания является отсутствие корреляции величины годичного радиального прироста на погодные условия текущего года.

Таким образом, в приграничных березовых древостоях наблюдается эндогенное разнообразие физиологических реакций деревьев на внешние условия, которое может определять устойчивость популяции к экстремальным факторам.

Литература

- Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск, 1973. 175 с.
- Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 192 с.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОЦИФРОВКИ
НАУЧНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ
АДЫГЕЙСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА**

Толстикова Т. Н., Еднич Е. М., Бескровная А. Ю.,
Конева Ю. Ю., Чернявская И. В.

Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия

**RESULTS AND PROSPECTS OF THE DIGITIZATION
OF SCIENTIFIC BIOLOGICAL COLLECTIONS
OF THE ADYGHE STATE UNIVERSITY**

Tolstikova T. N., Ednich E. M., Beskrovnaya A. Yu.,
Koneva Yu. Yu., Chernyavskaya I. V.

Adyghe State University, Maykop, Russia

Corresponding e-mail: mekedaherb@inbox.ru

Summary: the publication provides information on the results of scanning, prospects for the development of the herbarium Fund and the planned digitization of the collections of the Zoological and geological-mineralogical museums of Adyghe State University.

Keywords: the herbarium, the digitization, Museum, of Zoological object, paleontological findings

На факультете естествознания Адыгейского государственного университета в результате флористических и фаунистических исследований преподавателей и студентов за последние 60 лет сформированы систематизированные научные биологические коллекции: Гербарий, Ботанический сад, Зоологический музей, Минералогический музей (палеонтологический отдел).

Гербарий включает два больших раздела: учебный, хранящийся на кафедре ботаники и научный, переданный Ботаническому саду в целях обеспечения надежного хранения, пополнения, оцифровки, создания электронного каталога и самостоятельной информационно-поисковой системы (Толстикова, 2016, 2017, 2019). Учебный гербарий включает систематический, морфологический и географический материал, сформированный по принципу специализированных наборов по отдельным дисциплинам кафедры ботаники.

Научный гербарий зарегистрирован в Index Herbariorum (акроним MAU), а также включен в проект «Генетические и биологические (зоологические и ботанические) коллекции Российской Федерации». Большая часть сборов произведена в предгорной зоне Северо-Западного Кавказа и горных районах Республики Адыгея, включая территорию Кавказского природного биосферного заповедника, а также в ботанических садах и парках Черноморского побережья Кавказа. Кроме того, разным по объему материалом представлены горные районы Памира и Алтая; зеленые зоны Ставропольского и Краснодарского краев, Абхазии, Грузии, Туркмении, Узбекистана, Украины, Карелии, Якутии, Крыма, Тюменской, Московской, Магаданской, Амурской областей и др.

Важнейшие коллекторы: М. Д. Алтухов, К. Н. Бочкарева, Т. Н. Толстикова, А. Ю. Бескровная, Ю. Ю. Конева, Т. В. Чувинова, Д. А. Куашева, сотрудники МОС ВИР

(гербарий, переданный кафедре ботаники АГУ в 1990 г.), студенты-дипломники кафедры ботаники АГУ. Большая часть сборов профессора М. Д. Алтухова, отражающих флористическое разнообразие высокогорий Северо-Западного Кавказа, хранится в Гербарии Кавказского государственного природного заповедника (CSR) и в Сочинском национальном парке (Тимухин, 2015).

В 2015–2018 гг. сотрудниками ботанического сада АГУ проведена работа по инвентаризации, инсерации, уточнению таксономической принадлежности отдельных растений. При раскладке основного и обменного фондов использована единая алфавитная система сортировки и сплошная нумерация гербарных листов; каждый экземпляр имеет инвентарный номер, снабжен штрихкодом. В 2018 г. сформирован электронный каталог коллекции, завершена криообработка; в дальнейшем проводилась обработка новых сборов и повторная заморозка представителей семейств, наиболее активно повреждаемых насекомыми. В 2018–2019 гг. выполнена оцифровка хранящихся в Гербарии образцов Magnoliophyta – 19 160 гербарных листов и Pinophyta – 760 г. л., что составляет более 90 % коллекции Spermatophyta. Предстоит произвести оцифровку гербарных сборов Bryophyta, Polypodiophyta, Equisetophyta, Lycopodiophyta, суммарно насчитывающих в коллекции свыше 1 000 г. л., предварительно уточнив их таксономическую принадлежность (в основном это касается Bryophyta).

Большое внимание в последние годы уделяется пополнению гербарных фондов за счет сборов на территории семи районов Адыгеи, слабо представленных в коллекции. Следует отметить, что все виды работ в Гербарии проводят четыре сотрудника ботанического сада на добровольных началах, в свободное от основной работы время, без дополнительной финансовой поддержки. На 2020 год запланировано: монтировка и сканирование гербарных образцов, собранных в 2019 г., завершение формирования электронной базы, создание электронных гербарных записей, геопривязка отдельных образцов и начальный этап загрузки базы данных.

Ботанический сад имеет следующие документированные коллекции: Дендрарий – 260 таксонов, 209 культиваров, 567 образцов; декоративные травянистые растения – 210 таксонов, 360 культиваров, 648 образцов; дикорастущая флора – 346 таксонов. Коллекция редких растений насчитывает 63 вида. Дендрокolleкция с 2004 г. зарегистрирована в обновляемой ИПС «Ботанические коллекции России и сопредельных государств» с использованием программы «Калипсо»; сформирована фототека интродуцентов. Сотрудниками ботанического сада проведена инвентаризация древесных насаждений Майкопа – столицы Республики Адыгея (Толстикова, 2012, 2013). В стадии разработки ГИС «Ботанический сад АГУ» для мониторинга фиторазнообразия с базой данных древесных интродуцентов.

Ботанический сад тесно сотрудничает с лабораторией биоэкологического мониторинга беспозвоночных животных Адыгеи НИИ КП АГУ под руководством д.б.н., профессора А. С. Замотайлова. Сотрудниками лаборатории проведена инвентаризация энтомофауны, выявлены инвазивные и редкие виды на территории Ботанического сада.

Зоологический музей – это единственный музей, который изучает животный мир Республики Адыгея, экспонирует фауну на основе открытия А. К. Темботова «Концепция о биологическом эффекте высотно-поясной структуры биоты Кавказа», проводит сбор коллекционного материала в высотных поясах, создает демонстрационные экспозиции и является уникальным научно-образовательным центром Южного федерального округа.

Сотрудниками и студентами кафедры физиологии собраны уникальные коллекции, хранящиеся в фондах Зоологического музея:

1. кишечнополостные – 72 экземпляра, 12 видов;

2. черви – 18 экземпляров, 5 видов;
3. моллюски – 500 экземпляров, 150 видов;
4. членистоногие:
 - отряд полужесткокрылые – 30 000 экземпляров, 400 видов;
 - отряд жесткокрылые – 60 000 экземпляров, 4 500 видов;
 - отряд чешуекрылые – 6 500 экземпляров, 200 видов;
 - отряд перепончатокрылые – 5 000 экземпляров, 180 видов;
 - отряд двукрылые – 4 000 экземпляров, 130 видов.
5. хордовые:
 - надкласс рыбы – 706 экземпляров, 74 вида;
 - класс земноводных – 752 экземпляра, 13 видов;
 - класс пресмыкающихся – 721 экземпляр, 31 вид;
 - класс птиц – 540 экземпляров, 115 видов;
 - класс млекопитающих – 406 экземпляров, 51 вид.

Многолетние исследования, проведенные зоологами Адыгейского государственного университета во всех ландшафтных районах Кавказа, показали, что важнейшей природной особенностью этого региона является наличие сложной и очень разнородной высотно-поясной структуры равнинных и горных ландшафтов. Она настолько сложна и четко проявляется по всем параметрам территориальных комплексов, всего биологического покрова и на всех уровнях организации живого, что по праву Кавказ может служить природной лабораторией, более того, горной моделью при изучении животного населения.

Такое разнообразие мест обитания и определяет разнообразие животного мира Республики Адыгея. Зоологи факультета естествознания создавали коллекционный фонд по двум направлениям: зоология беспозвоночных и зоология позвоночных.

Большой вклад и свое умение внесли в создание учебной и научной коллекции по зоологии беспозвоночных: доцент Н. Д. Джимова, профессор З. С. Донец и завкабинетом А. Х. Цей. В сборе и создании коллекционного материала по зоологии позвоночных основную роль сыграла профессор Э. А. Шебзухова.

Сотрудниками кафедры физиологии создана фототека всех хранящихся образцов животных, планируется в ближайшее время приобрести 3D-сканер для оцифровки экспонатов музея.

Ждет своего часа богатейшая коллекция Геолого-минералогического музея Адыгейского государственного университета, имеющая статус уникального научно-образовательного объекта. Ее основу составляют сборы пород, минералов и палеонтологических находок профессора, д.г.н. И. Г. Волкодава и научного сотрудника музея А. И. Волкодав за более чем 30-летнюю работу в геологических организациях северо-востока России. Позднее коллекция дополнена в результате экспедиций и командировок по Кавказу, Уралу, Кольскому полуострову и Карелии. В музее проводятся учебные занятия по геологии, минералогии, кристаллографии, петрографии, палеонтологии, а также экскурсионная и научная работа. При жизни И. Г. Волкодава велись фундаментальные исследования в области геологии, минералогии, докембрия и фанерозоя, биостратиграфии кайнозоя. В настоящее время в музее хранятся свыше 8 000 экспонатов, из них 5 000 (в том числе более 1 000 палеонтологических находок) – в запасниках, что связано с отсутствием оборудованного выставочного зала.

Оцифровка научных биологических коллекций Адыгейского государственного университета, создание интернет-ресурсов необходимы для решения региональных проблем биогеографии и экологии. Базы данных о биоразнообразии Северо-Западного Кавказа обеспечат

свободный доступ к новой информации, необходимой для научной работы широкого круга специалистов.

Литература

- Казанцев М. Ф. Правовое регулирование в сфере биологических коллекций: система, состояние, развитие [Legal regulation in the sphere of biological collections: system, state, development] // Науч. ежегодник Института философии и права Урал. отд-ния Рос. акад. наук. 2018. Т. 18. Вып. 1. С. 4–143. DOI: [10.17506/ryipl.2016.18.1.94143](https://doi.org/10.17506/ryipl.2016.18.1.94143)
- Тимухин И. Н., Касумян Р. С. История создания и современное состояние гербария сосудистых растений Сочинского национального парка // Ботанические коллекции – национальное достояние России: сб. науч. ст. Всерос. науч. конф., посвящ. 120-летию Гербария им. И. И. Спрыгина и 100-летию ботанического общества. Под ред. Л. А. Новиковой. Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. С. 94–97.
- Толстикова Т. Н. Древесные растения Майкопа. Майкоп: Изд-во Буренков, 2012. 242 с.
- Толстикова Т. Н., Бескровная А. Ю., Конева Ю. Ю., Чувилова Т. В. Географический анализ образцов гербария (МАУ) // Биосфера и человек: материалы Международной научной конференции (24–25 октября 2019 г.). Майкоп: Изд-во АГУ, 2019. С. 147–151.
- Толстикова Т. Н., Бескровная А. Ю., Чернявская И. В., Еднич Е. М. Древесные интродуценты в гербарии Адыгейского государственного университета. Каталог гербария МАУ (часть II) // Вестник АГУ. 2017. № 2 (201). С. 67–77.
- Толстикова Т. Н., Еднич Е. М., Куашева Д. А. Древесные растения Майкопа: инвентаризация, анализ, оценка перспективности использования в озеленении // Вестник АГУ. 2013. № 1 (116). С. 33–39.
- Толстикова Т. Н., Еднич Е. М., Чернявская И. В. Каталог видов покрытосеменных растений Гербария Адыгейского государственного университета (часть I) // Вестник АГУ. 2016. № 3 (186). С. 72–77.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ БАЗ ДАННЫХ О БИОРАЗНООБРАЗИИ НА ОБЪЕКТАХ ГИДРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ СРЕДНЕГО УРАЛА

Тукачева А. В.

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF BIODIVERSITY DATABASES AT FOREST HYDROMELIORATION FACILITIES IN THE MIDDLE URAL

Tukacheva A. V.

*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,*

ORCID: [0000-0002-5589-668X](https://orcid.org/0000-0002-5589-668X)

Corresponding e-mail: anastasia.tukacheva@usfeu.com

Summary: on the basis of the materials of long-term stationary studies, databases have been developed, reflecting the peculiarities of transformation of species composition and stock of aboveground biomass of live ground cover under the influence of drainage reclamation and forestry measures in oligotrophic pine plantations.

Keywords: databases, willow herb, species composition, aboveground biomass, forest hydromelioration

На Среднем Урале, при значительной заболоченности территорий лесного фонда, непригодной для лесозаготовки, проведение осушительных работ является единственным апробированным способом повышения продуктивности насаждений и прежде всего его основного компонента – древостоя. Однако антропогенное вмешательство, которое включает в себя в данных условиях осушение и дальнейшее проведение лесоводственных мероприятий, приводит к нарушению устойчивого динамического равновесия в болотных экосистемах, сказывающемуся на всех компонентах биогеоценоза. Реакция на такие изменения неодинакова как по времени, так и по силе проявления. В этой связи несомненный интерес вызывают трансформации живого напочвенного покрова (ЖНП), который является своеобразным индикатором, чутко реагирующим на изменение почвенного увлажнения.

В научных кругах бытует мнение, что осушение олиготрофных болот является нежелательным и малоэффективным мероприятием, в результате которого происходит снижение биоразнообразия растительного покрова. Для того чтобы подтвердить или опровергнуть данное положение, впервые для условий Среднего Урала были разработаны базы данных на основании материалов длительных стационарных исследований. В базах данных не только сосредоточены сведения о динамике видового состава ЖНП в различные временные периоды после осушительных работ (для различных типов леса в зависимости от проведения дополнительных лесоводственных мероприятий), но и включены сведения о запасе надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии. Данные размещены в хронологическом порядке, хорошо структурированы, что позволяет легко осуществлять поиск, сортировку и выборку необходимых видов растений. Предполагается дальнейшее внесение и дополнение баз новыми сведениями.

В настоящий момент всего в базах данных (Залесов и др., 2016, 2017b) содержатся сведения о 13 видах растений из 10 родов и 7 семейств, где абсолютно преобладает семейство Ericaceae, которое включает в себя три рода: *Ledum*, *Chamaedaphne* и *Vaccinium*. Семейство Cyperaceae представлено двумя родами: *Eriophorum* и *Carex*. Остальные семейства, такие как Rosaceae, представлены только одним родом *Rubus*, семейство Polytrichaceae – род *Polytrichum*, семейство Nylosomiaceae – род *Pleurozium* и семейство Sphagnaceae – род *Sphagnum*. Анализ этих данных показал, что индикатором воздействия осушительной мелиорации является снижение доли участия в составе ЖНП (или полное исчезновение) видов *Oxycoccus palustris* Pers., *Chamaedaphne calyculata* L., *Sphagnum angustifolium* (Warnst.) C. E. O. Jensen) при существенном повышении доли *Ledum palustre* L., *Eriophorum vaginatum* L., ягодных кустарничков: *Rubus chamaemorus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium myrtillus* L. и зеленых мхов: *Polytrichum commune* L. Фактически осушение не привело к коренной смене видов и снижению флористического богатства ЖНП, а лишь незначительно изменило композиционный состав. Всё так же, исходя из баз данных, нельзя однозначно утверждать, что осушение привело к снижению запаса надземной фитомассы, поскольку процесс аккумуляции общей фитомассы, зависящий от элиминации, а также разрастания отдельных видов ЖНП, нестабилен по годам и имеет существенные различия по типам леса.

Еще одна база данных (Залесов и др., 2017a), которая была создана по результатам исследования части территории стационара, пройденной огнем лесного пожара в 2010 г., содержит уникальные сведения о восстановительных сукцессиях на валежной гари. Последнее позволит сформировать общее представление о динамике изменений ЖНП на ранних этапах ее зарастания и скорректировать мероприятия по естественному лесовозобновлению.

Таким образом, преимущество описанных выше баз данных является простота в использовании, значительный объем исходного материала, накопленного с момента создания стационарного объекта, что однозначно имеет научный и практический интерес для специалистов из различных областей, занимающихся вопросам рационального освоения и интенсивного использования земель лесного фонда. Не исключено, что данный опыт будет полезен при разработке аналогичных баз данных для стационарных объектов в других регионах страны.

Несомненно, что гидролесомелиорация оказывает влияние на все компоненты лесоболотного биогеоценоза. Отследить изменения и дать объективную оценку эффективности всего комплекса мероприятий возможно лишь на основании длительных стационарных исследований, где сбор материалов представляет собой весьма трудоемкий процесс, сопряженный с работой и хранением большого количества разнообразных данных.

Создание баз данных позволяет структурировать и обобщать большие объемы информации, что значительно упрощает ее дальнейшую обработку и интерпретацию. Последнее играет важную роль в принятии грамотных управленческих решений по ведению лесного хозяйства на данных территориях.

Опыт создания баз данных, позволяющих систематизировать ведение учета изменений в ЖНП на осушаемых территориях Среднего Урала, безусловно, требует дальнейшего развития и углубления. Однако уже сейчас этот материал может быть полезен при организации сведений о биоразнообразии и на других мелиоративных объектах.

Литература

- Залесов С. В., Залесова Е. С., Тукачева А. В. Живой напочвенный покров при проходной рубке различной интенсивности в условиях осушенного сосняка осоково-кустарничкового. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016621260 от 16.09.2016.
- Залесов С. В., Тукачева А. В. Живой напочвенный покров на гари осушенного верхового болота на Среднем Урале. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620334 от 22.03.2017а.
- Залесов С. В., Тукачева А. В., Залесова Е. С., Кряжевских Н. А. Живой напочвенный покров при различной по интенсивности добровольно-выборочной рубке в условиях осушенного сосняка кустарничково-сфагнового на Среднем Урале. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2017620145 от 07.02.2017б.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ АРЕАЛОВ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Федоров Н. И.¹, Мулдашев А. А.¹, Кутуева А. Г.¹, Михайленко О. И.²

¹Уфимский Институт биологии РАН, Уфа, Россия

²Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

ON FEATURES OF MODELLING OF THE POTENTIAL RANGES OF RARE PLANT SPECIES

Fedorov N. I.¹, Muldashev A. A.², Kutueva A. G.³, Mikhaylenko O. I.⁴

¹*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-0167-7449*

²*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0002-0619-4171*

³*Ufa Institute of biology – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, Russia,
ORCID: 0000-0001-5104-188X*

⁴*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia,
ORCID: 0000-0001-5835-9145*

Corresponding e-mail: fedorov@anrb.ru

Summary: modeling of rare species distribution is considered using the species *Schoenus ferrugineus* L. It is shown that habitats of the main part of the species range, where this species has an optimum, should be included in the test sample. This will improve the modeling results.

Keywords: *Schoenus ferrugineus* L., MaxEnt, CHELSA, distribution of species

Биоразнообразие большинства регионов мира сталкивается с новыми угрозами, создаваемыми распространением инвазивных видов и изменением климата. Наиболее уязвимым компонентом биоразнообразия являются редкие и исчезающие виды. При их изучении перед исследователем в той или иной степени возникает необходимость решения трех задач: оценка потенциального ареала и прогноз нахождения ранее не обнаруженных локалитетов (1), прогноз сохранности локалитетов при изменении климата (2), а также подбор мест для реинтродукции нуждающихся в этом видов (3). Все эти задачи могут быть решены с использованием моделирования пространственного распространения видов (species distribution modeling), позволяющего установить связь местонахождений видов в природе и факторов окружающей среды и, следовательно, прогнозировать распространение видов (Elith et al., 2010). Модели распространения видов предполагают, что рассматриваемый вид находится в равновесии с окружающей средой, а экологические условия в совокупности точек, представляющих локалитеты вида, при их использовании в качестве исходных данных для моделирования, отражают его реализуемую экологическую нишу (Elith et al., 2010). В зависимости от

ценотической стратегии вида реализуемая экологическая ниша будет в различной степени отражать потенциальную экологическую нишу. Реализуемая экологическая ниша может быть нестабильна в пространстве и времени, что наиболее ярко проявляется у таксонов, изменяющих ареал, например, у редких и исчезающих, а также инвазивных видов. Это может серьезно нарушать исходное предположение о равновесии с окружающей средой, создавая проблемы в области моделирования их распределения (Dormann, 2007; Merow et al., 2013 и др.). Специфика моделирования пространственного распространения редких видов состоит в ограниченном числе местообитаний на конкретной территории, где условия произрастания значительно уже диапазона возможных условий произрастания вида, небольшой площади локалитетов при значительных размерах пикселя климатических и иных слоев данных. Цель данного сообщения – обсуждение влияния пространственной структуры тестовой выборки на результаты оценки потенциальных ареалов редких видов растений при моделировании методом максимальной энтропии.

В качестве модельного объекта использован *Schoenus ferrugineus* L. (схенус ржавый). Он произрастает в специфических условиях минеротрофных болот с водами, богатыми кальцием (Ивченко, Куликов, 2013). Горный средневропейский вид, распространен в Средней и Восточной Европе, Скандинавии, Средиземноморье (Webb, 1980). Включен в Красные книги Республики Башкортостан, Вологодской области, Республики Карелии, Ленинградской, Мурманской, Псковской, Новгородской, Ульяновской и Челябинской областей. Вне России входит в Красные книги Белоруссии, Украины, Финляндии (Красная книга Восточной Фенноскандии), Латвии и Литвы. На Южном Урале (ЮУ) находится на восточной границе своего ареала (Мулдашев, Мартыненко, 2010; Ивченко, Куликов, 2013). Для моделирования использовано 24 геопривязанные точки, соответствующие местообитаниям вида на территории ЮУ (Республики Башкортостан (РБ) и прилегающих территорий), 30 точек – на территории Европейской части Российской Федерации (ЕРФ), а также 300 точек – на территории Западной Европы (ЗЕ). Геопривязанные данные о местообитаниях *S. ferrugineus* за пределами РБ взяты из базы данных Глобального информационного фонда о биоразнообразии GBIF (www.gbif.org) и частично – из литературных источников (Ивченко, Куликов, 2013; Кожин, 2015 и др.). Моделирование потенциального ареала изучаемого вида проводилось в программе MaxEnt (Phillips et al., 2017), в качестве климатических предикторов использован набор переменных среды BIOCLIM базы данных CHELSA (Karger et al., 2017). При построении моделей использовались наборы предикторов с корреляцией менее 0.8. Для моделирования влияния пространственной структуры тестовой выборки *S. ferrugineus* на результаты оценки его потенциального ареала к точкам местообитаний этого вида на территории РБ и ЕРФ последовательно добавлялось разное количество точек местообитаний выборки ЗЕ, отобранных случайным образом (10, 20, 40, 60, 80 и 100 % от общего числа). После построения моделей потенциального ареала в каждой из выборок (РБ, ЕРФ и ЗЕ) для точек присутствия рассчитывалось среднее значение пригодности условий произрастания вида в модельном слое, рассчитанном в MaxEnt по алгоритму cloglog.

Выбор фоновой выборки (географической области, включенной в обработку) должен отражать условия окружающей среды, контрастирующие с присутствием вида, исходя из пространственного масштаба экологических вопросов, представляющих интерес (Saupé et al., 2012). Большинство видов, внесенных в Красные книги, представлены изолированными местообитаниями, удаленными от основного ареала. Очевидно, что при моделировании потенциального ареала вида на территории региона, в котором он входит в список редких видов, необходимо также использовать данные об его присутствии и отсутствии на других

территориях, имеющих климатические условия, которые могут возникнуть при изменениях климата или возникали в прошлом. Установлено, что при включении в тестовую выборку только точек из выборки ЗЕ в модели отсутствуют подходящие для вида условия произрастания на территориях ЕРФ и РБ. При включении в тестовую выборку только точек РБ в модели, кроме пригодных для него местообитаний на территории РБ, присутствуют возможные области его произрастания на сопредельных территориях (Республика Татарстан и Самарская область), где он встречается. Но при этом пригодные условия местообитания указываются на Алтае и на границе Китая с Северной Кореей. Таким образом, несмотря на правдоподобную оценку распределения вида на ЮУ очевидно, что эта модель не будет корректно отображать потенциальный ареал при изменении климата. При моделировании с включением в тестовую выборку точек-местообитаний вида на территории ЕРФ и РБ и различного числа точек из основной части ареала *S. ferrugineus* (ЗЕ) установлено, что оптимальным является пропорциональное соотношение точек местообитаний из всех трех выборок. При этом соотношении точек из разных частей ареала распределение вида в построенной модели соответствовало литературным данным, а средние значения пригодности условий местообитания точек-локалитетов в выборках ЗЕ, ЕРФ, РБ составляли соответственно 0.78, 0.72 и 0.69. В построение модели наибольший вклад вносили 3 предиктора: количество осадков в наиболее сухой месяц, среднегодовая температура и минимальная температура наиболее холодного месяца (52.9, 24.4 и 12.5 % соответственно). Использование набора предикторов полученной оптимальной модели в качестве предикторов для моделирования распределения этого вида только на территории РБ улучшало результаты. Набор предикторов может быть расширен за счет включения дополнительных, неклиматических критериев, например, в нашем случае данных о распределении карстующихся пород на территории РБ. Подбор по выше описанному алгоритму климатических предикторов для построения моделей распределения редких видов позволяет в дальнейшем более корректно использовать полученные результаты для моделирования изменения условий местообитания видов при изменении климата, а также осуществлять более корректный подбор мест для их реинтродукции.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190060-6 и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90028.

Литература

- Ивченко Т. Г., Куликов П. В. Находки редких видов сосудистых растений на болотах Южного Урала (Челябинская область) // Бот. журн. 2013. Т. 98. № 3. С. 90–101.
- Кожин М. Н. Редкие виды сосудистых растений и растительные сообщества минеротрофного болота между Кандалакшей и Колвицей (Мурманская область) // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 4. С. 48–64. DOI: [10.17076/bg9](https://doi.org/10.17076/bg9)
- Мулдашев А. А., Мартыненко В. Б. К охране редких видов растений болот в Республике Башкортостан // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 1 (5). С. 1417–1420.
- Dormann C. F. Promising the future? Global change projections of species distributions // Basic and Applied Ecology. 2007. V. 8. P. 387–397.
- Elith J., Kearney M., Phillips S. The art of modelling range-shifting species // Methods in Ecology and Evolution. 2010. V. 1. P. 330–342.
- GBIF.org (16 April 2019) GBIF Occurrence Download. DOI: [10.15468/dl.entnxc](https://doi.org/10.15468/dl.entnxc)
- Karger D. N., Conrad O., Böhner J., Kawohl T., Kreft H., Soria-Auza R. W., Zimmermann N. E., Linder H. P., Kessler M. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas // Scientific Data. 2017. V. 4. 170122.

- Merow C., Smith M. J., Silander J. A. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter // *Ecography*. 2013. V. 36. P. 1058–1069. DOI: [10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x)
- Phillips S. J., Anderson R. P., Dudík M., Schapire R. E., Blair M. E. Opening the Black Box: An Open-Source Release of MaxEnt // *Ecography*. 2017. V. 40 (7). P. 887–93. DOI: [10.1111/ecog.03049](https://doi.org/10.1111/ecog.03049)
- Webb D. A., Schoenus L. *Flora Europaea*. Vol. 5. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press, 1980. P. 288–289.

WEB-СЕРВИСЫ В АНАЛИЗЕ ФЛОРЫ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

Федоров Р. К.¹, Верховина А. В.²

¹*Институт динамики систем и теории управления им. В. М. Матросова СО РАН,
Иркутск, Россия*

²*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
Иркутск, Россия*

WEB SERVICES ON FLORA RESEARCH IN BAIKAL SIBERIA

Fedorov R. K.¹, Verhozina A. V.²

¹*Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS,
Irkutsk, Russia,*

ORCID: [0000-0002-2944-7522](https://orcid.org/0000-0002-2944-7522)

²*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS,
Irkutsk, Russia,*

ORCID: [0000-0002-0872-4455](https://orcid.org/0000-0002-0872-4455)

Corresponding e-mail: fedorov@icc.ru

Summary: the set of services developed within the geoportal for the analysis of the spatial distribution of species is considered, which allows you to carry out all stages of information support for research: data collection, analysis and visualization. A set of services was used to analyze the distribution of invasive plant species in Baikal Siberia.

Keywords: geoportal, spatial analysis, WPS, invasive species

Введение

Мониторинг, прогнозирование, предотвращение внедрения чужеродных адвентивных видов важны для сохранения биоразнообразия, так как наиболее агрессивные из чужеродных видов – инвазивные, способны препятствовать возобновлению видов природной, аборигенной флоры, вытеснять их, а также наносить ущерб народному хозяйству и здоровью людей. Важно своевременно выделять виды, которые представляют угрозу естественным экосистемам и/или народному хозяйству и здоровью людей. Одним из главных признаков, по которым чужеродный вид может быть отнесен к инвазивным, является его распространение в регионе. Также по распространению в регионе определяется и уровень биологической опасности.

Однако применение формализованного аппарата для анализа и тем более прогнозирования этих процессов с учетом различных факторов не развито. Так, отнесение чужеродных видов к инвазивным и классификация инвазивных видов по категориям по большей части основаны на экспертной глазомерной оценке. Поэтому является актуальной разработка формализованных методов анализа распространения видов в виде сервисов.

Материалы и методы

В рамках геопортала <http://biodiv.isc.irk.ru/> разработан набор WPS сервисов (Open GIS Web Processing Service..., 2007), позволяющий проводить все этапы информационной поддержки исследований: сбор данных, анализ, отображение. Все эти этапы можно выполнять вместе или каждый отдельно. Рассмотрим их подробнее.

Сбор данных осуществляется с помощью подсистемы геопортала, которая обеспечивает ввод и редактирование реляционных данных, в том числе пространственных, с любого компьютера, подключенного к сети Интернет с предоставлением удобного, интуитивно понятного пользовательского интерфейса с отображением данных в виде карт, таблиц. Подсистема реализует одновременную и регламентированную работу множества пользователей.

Анализ данных начинается с конвертации данных в формат Shapefile, которая выполняется с помощью сервиса theme2shp. При выполнении сервиса необходимо указать таблицу геопортала, на выходе имя Shape-файла. Для таблицы можно указать различные фильтры по диапазону дат, пространственной области, определенным видам и т.д. Формат Shapefile поддерживается многими геоинформационными системами, что позволяет проводить анализ без сбора данных на геопортале.

Для пространственного анализа разработан сервис расчета плотности точечных объектов vector2shp в ячейках регулярной сетки. На входе сервиса слой векторных объектов в формате Shapefile. На выходе количество объектов, находящихся в ячейках регулярной сетки, в формате GeoTIFF. Возможен подсчет количества точек с уникальными значениями атрибутов, например для подсчета количества видов в ячейке. Пользователь может задать размер ячейки и область обработки. Сервис производит подсчет количества объектов в ячейках, а если задан атрибут семантики слоя входных данных, то производится суммирование значения семантики по этому атрибуту.

Далее для анализа данных в формате GeoTIFF разработаны сервисы алгебры Grid, которые производят сложение, вычитание, умножение, логические операции Grid-данных. С помощью этих операций можно комбинировать различные данные, получать интегрированный результат. Разработаны сервисы получения статистических характеристик в рамках полигональных объектов для получения максимальных, минимальных и средних значений регулярной сетки в пределах полигональных объектов.

Визуализация результатов анализа данных производится с помощью сервисов отображения на карте геопортала. Сервис реализует публикацию растровых данных на основе стандарта WMS (Geospatial and location standards..., <http://www.opengeospatial.org/>), что позволяет отображать картографическую информацию в рамках геопортала и на других ресурсах и системах. На вход сервису подается два параметра: файл в формате GeoTIFF и стили отображения. Отображение можно задать следующими способами: градиентное изменение цвета в зависимости от значений; диапазоны значений с заданным цветом. В рамках геопортала разработан редактор для задания отображения. Сервис разработан на основе открытой программной системы MapServer (MapServer..., <http://mapserver.org/>). Для ускорения отображения данных за счет кэширования карт в виде тайлов применяется MapCache (MapCache..., <http://mapserver.org/mapcache/>).

Результаты и их обсуждение

На основе разработанных сервисов проведен анализ распространения инвазивных видов в Байкальской Сибири. Анализ проводился на основе БД по фитофаунообразию Байкальской Сибири общим объемом 83 тыс. учетных записей.

Рассмотрим подробнее методику применения сервисов.

Первый этап методики – это конвертация данных с помощью theme2shp в формат Shapefile.

В связи с тем, что территория Байкальской Сибири в ботаническом плане исследована достаточно неравномерно, простой подсчет отношения числа ячеек, в которых выявлен инвазивный вид, к общему числу ячеек, не является показательным. Соответственно, необходимо выявить наиболее представительные с точки зрения флористической изученности ячейки. Для этого на втором этапе была сформирована регулярная сеть размером 20×30 км на основе vector2shp, в ячейках которой вычисляется количество видов. Далее выделяются ячейки с количеством видов больше заданного порога, для вычисления которого использовалось уравнение Аррениуса. К числу исследованных, репрезентативных ячеек отнесены ячейки, в которых выявлено не менее 50 % видов от ожидаемого числа.

На третьем этапе проводится сравнительный анализ данных. В первую очередь было проанализировано распространение двух инвазивных видов, которые считаются в Байкальской Сибири видами-трансформерами: *Hordeum jubatum* L. и *Elodea canadensis* Michx. Мы предположили, что другой инвазивный вид, достигающий такого же распространения как у *Hordeum jubatum* для наземных или *Elodea canadensis* для водных, можно рассматривать как вид-трансформер. Такой вид нуждается в сборе дополнительных данных и мониторинге.

Выполнение сравнительного анализа делится на следующие шаги с помощью сервисов vector2shp и сервисов алгебры Grid:

1) формирование регулярной сетки, где в каждой ячейке ставится флаг наличия исследуемого вида;

2) для каждой ячейки регулярной сетки производится операция логического «и» с соответствующей ячейкой карты флористической изученности. В результате получаем карту с ячейками, где в ячейки установлен флаг при наличии вида и репрезентативности ячейки;

3) производится подсчет ячеек с установленным флагом и вычисление отношения с количеством репрезентативных ячеек.

На последнем этапе методики созданы карты распространения инвазивных видов в Байкальской Сибири.

Заключение

В результате проведенной работы в рамках геопортала создан набор сервисов для анализа пространственного распространения видов, который позволяет проводить все этапы информационной поддержки исследований: сбор данных, анализ, отображение. На основе сервисов разработана методика анализа распространения видов. Открытость системы позволяет применить методику на других данных, на другой территории. Реализация анализа в виде отдельных сервисов, позволяет модернизировать методику под новые задачи.

Благодарности

Исследования проводятся при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты: 18-07-00758-а, 17-57-44006-монг-а, 17-47-380007-р) и ЦКП ИИВС ИРНОК и финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках проекта № 17-44-388084 р-а.

Литература

- Geospatial and location standards // Open Geospatial Consortium: сайт. URL: <http://www.opengeospatial.org/> (дата обращения: 15.02.2020).
- MapCache // Mapserver Consortium: сайт. URL: <http://mapserver.org/mapcache/> (дата обращения: 15.02.2020).
- Mapserver // Mapserver Consortium: сайт. URL: <http://mapserver.org/> (дата обращения: 15.02.2020).
- OpenGIS Web Processing Service (WPS) Implementation Specification, v1.0.0. // Open Geospatial Consortium: сайт. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps> (дата обращения: 15.02.2020).

6 ИННОВАЦИОННЫХ КОНЦЕПЦИЙ НА ПУТИ ПОЗНАНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Федорова С. В.

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, Россия*

6 INNOVATIVE CONCEPTS ON THE WAY TO KNOW THE DIVERSITY OF PLANT WORLD

Fedorova S. V.

*Kazan Federal University, Kazan, Russia,
ORCID: [0000-0003-1381-4372](https://orcid.org/0000-0003-1381-4372)*

Corresponding e-mail: S.V.Fedorova@inbox.ru

Summary: 6 innovative Concepts are presented for a deeper understanding of the laws of development of Plant World and to solving pressing environmental problems within Population Botany and Plant Ecology: their fundamental principles and key points. The concepts are based on many years of work with of plants.

Keywords: leaf, model, morphology, method, methodology, steppe, stoloniferous, shrub, lifecycle, digression

Мир растений окружает нас на всем протяжении жизни. Первые капитальные труды по изучению растений появились еще в Древней Греции. Около 370 лет до н. э. Теофраст (или Теофраст) разработал основы морфологии, анатомии, систематики и геоботаники, подарив людям трактат в 9 книгах «Исследование о растениях» (Феофраст, 2005). С тех пор около 2 300 лет концепция «Морфологическая модель растения» лежит в основе ботанических наук. В настоящее время ее применение наиболее актуально в процессе проведения флористического исследования и исследования по описанию биологического разнообразия растений. Основополагающий принцип концепции: структурирование тела растения на органы по аналогии с телом животного. В этой концепции любое тело растения представляет собой иерархическую систему органов. Ключевыми моментами здесь являются качественные характеристики элементов тела растения, выделенные на основе глазомерной оценки, и метрические параметры этих элементов для визуализации образа растения, его частей или местообитания в сознании ученого. Ученые из разных ботанических традиций (Московская, Казанская, Европейская и Японская) по-разному структурируют тело растения, что допустимо из-за субъективной оценочной системы, обусловленной во многом глубиной познания того или иного ученого. К настоящему моменту накоплен богатый фактический материал, отражающий поливариантность морфологического облика растения на разных этапах гипотетического жизненного цикла (Актуальные..., 2014). Однако такой материал сложно сопоставить и представить в обобщающей оцифрованной системе. Современные технологии по обработке фактического материала основаны на математических приемах и предполагают анализ метрических и аллометрических данных, полученных в ходе экспериментального осмотра различных экземпляров целого растения, его частей или местообитания растения.

Являясь представителем «Казанской геоботанической школы» (Любарский, 2014; Популяционно-онтогенетическое..., 2018) и имея достаточно богатый опыт научного исследования различных видов растений из категории жизненных форм «Веgetативно подвижные» в различных регионах, считаю своим долгом представить научной общественности 6 инновационных концепций. Данные концепции возникли как протест против запутанной системы разнообразных определений, терминов и качественных характеристик растения, частей растения или местообитаний растения, и служили в первую очередь для упорядочения моего мышления. Стимулом к этому послужило общение с моими учителями и оппонентами, каждый из которых уникален (В. И. Полуянова, Е. Л. Любарский, П. Л. Горчаковский, Н. В. Глотов, Н. П. Савиных). На информационной платформе «ИСТИНА» (<https://istina.msu.ru/profile/S.V.Fedorova@inbox.ru/>) представлен полный перечень моих научных трудов, начиная с 1996 г., которые и явились базой для теоретического обобщения.

1. Концепция «3D модель экологической амплитуды местообитаний растения» (Федорова, 2008, 2018а, 2019). Ее применение наиболее актуально в процессе проведения исследования растений в лесном типе растительности. Основопологающий принцип: привязка местообитания к трехмерной системе координат, в которой по осям отложены единицы, характеризующие вектор интенсивности экологического фактора: абсцисса – влажность почвы (англ.: humidity of soil – HS, %); ордината – индекс затенения (англ.: ID shadow from plants – ID-CSP, %); аппликата – индекс богатства почвы азотом (англ.: ID nitrogen-rich of the soil – ID-NiRS, %).

2. Концепция «Модель определения площади проекции листовой пластинки по метрическим замерам» (Федорова, 2013, 2018а, 2019). Ее применение наиболее актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растения для решения экологических проблем и для использования в описательной ботанике. Основопологающий принцип: привязка геометрической формы, которая имеет определенное название в ботанической терминологии, к формуле для расчета площади ее проекции.

3. Концепция «Полицентрическая модель растения» (Федорова, 2015, 2018а, 2018б, 2018в, 2018г, 2019; Fedorova, 2015, 2019). Ее применение наиболее актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растения для решения экологических проблем и для использования в описательной ботанике. Основопологающий принцип: привязка каждого из многочисленных органов в структуре растения к одному из 4 морфо-функциональных центров. Это – центр побегообразования, центр минерального питания, центр органического питания, центр генерации (англ.: Shoot-formation center, Mineral-nutrition center, Organic-nutrition center, Generation center). В этой концепции любое тело растения представляет собой полицентрическую систему. Идентификация каждого из этих центров в организме растения проводится на основе концепции «Морфологическая модель растения».

4. Концепция «Модель жизненного цикла растения из категории жизненных форм Кустарник» (Федорова, 2017, 2018а, 2018б, 2019). Ее применение наиболее актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растения для решения экологических проблем и для использования в описательной ботанике. Основопологающий принцип: привязка каждого из пространственно-разделенного экземпляра растения к одному из 7 этапов в гипотетическом жизненном цикле растения в соответствии со Шкалой этапов, разработанной для категории жизненных форм «Кустарник». Ключевым моментом здесь является Диагностический ключ для определения этапа по этой шкале.

5. Концепция «Модель распределения растений в популяционной системе по морфо-функциональным группам» (Федорова, 2008, 2016, 2018а, 2018б, 2019). Ее применение наиболее

актуально в процессе проведения анализа популяционных систем растений из категории жизненных форм «Столон-образующие». Основопологающий принцип: привязка каждого из экземпляров растения в диапазоне онтогенетических состояний имматурное – субсенильное к одной из 4 морфо-функциональных групп: *mcv* – моноцентрическая вегетирующая (англ.: monocentric vegetative); *pcv* – полицентрическая вегетирующая (англ.: polycentric vegetative); *mcg* – моноцентрическая генерирующая (англ.: monocentric generative); *pcg* – полицентрическая генерирующая (англ.: polycentric generative).

6. Концепция «Модель определения стадии дигрессии растительности степи» (Федорова, 2018б, 2018в, 2019). Ее применение наиболее актуально в процессе проведения исследования степной растительности, которая испытывает антропогенные трансформации, в том числе в регионах с традицией кочевого скотоводства. Основопологающий принцип: привязка каждого из видов растения в степном ландшафте к одному из 5 элементов растительности для расчета Коэффициента дигрессии растительности степи (англ.: Coefficient Digression of Stepe Vegetation C_{dsv} , %) и/или суммарной проекции крон. Ключевыми моментами здесь являются 5-ти бальная Шкала дигрессии растительности степи (англ.: 5-point Scale of Digression Steppe Vegetation) и Диагностический ключ для определения стадии по этой шкале.

Благодарности

Работа выполнена в рамках программы «Повышение конкурентоспособности Казанского (Приволжского) федерального университета».

Литература

- Актуальные проблемы современной биоморфологии. Под ред. Н. П. Савиных. Киров: Радуга-пресс, 2012. 610 с.
- Любарский Е. Л. Казанская геоботаническая школа: учеб. пособие. Казань: Каз. ун-та, 2014. 70 с.
- Популяционно-онтогенетическое направление в России и ближнем зарубежье: справочное издание. Под ред. Л. А. Жуковой. Тверь: ТверГУ, 2018. 440 с.
- Федорова С. В. Структура и организация популяций ряда наземно-ползучих растений в разных эколого-фитоценологических условиях. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань: КГУ, 2008. 22 с.
- Федорова С. Популяционная организация травянистых растений в лесных фитоценозах: *Asarum europaeum* L. (Aristolochiaceae) и *Convallaria majalis* L. (Convallariaceae). LAP Lambert Acad. Publ., 2013. 116 с.
- Федорова С. В. Полицентрическая модель растения – как инструмент для диагностики популяционной системы // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования: материалы Всерос. с междунар. участием науч. школы-конф., посвященной 115-летию со дня рождения А. А. Уранова (Пенза, 10–14 мая 2016 г.). Пенза: ПГУ, 2016. С. 188–191.
- Федорова С. В. Диагностический ключ для определения этапа жизненного цикла растения из категории жизненных форм «Вегетативно-подвижные» // Биоморфологические исследования на современном этапе: материалы науч. конф. с междунар. уч. «Современные проблемы биоморфологии» (Владивосток, 3–9 октября 2017 г.). Владивосток: Литера В, 2017. С. 194–198.
- Федорова С. В. Методологические основы популяционного исследования травянистых растений в лесных фитоценозах // Ботанические исследования в Сибири. 2018а. Т. 26. С. 98–111.
- Федорова С. В. Методология популяционного исследования растений для диагностики состояния элементов растительности // Самарская лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018б. Т. 27. № 4 (1). С. 50–59.
- Федорова С. В. Концепция «Полицентрическая модель растения» – методологическая основа популяционной экологии растений // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV Междунар. науч. конф. (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург: Урал. ун-т: Гуманитарный ун-т, 2018в. С. 981–985.
- Федорова С. В. Результаты эксперимента с *Ranunculus repens* L. (Ranunculaceae) в концепции «Полицентрическая модель растения» // Систематические и флористические исследования Северной Евразии: материалы

- II Междунар. конф. к 90-летию со дня рождения проф. А. Г. Еленевского (Москва, 5–8 декабря 2018 г.). М.: МПГУ, 2018. Т. 3. С. 84–88.
- Федорова С. В. Методологические подходы к исследованию элементов фитоценоза // Флора и растительность в меняющемся мире: проблемы изучения, сохранения и рационального использования: материалы Междунар. науч. конф. (Минск–Домжерицы, 24–27 сентября 2019 г.). Минск: Колорград, 2019. С. 163–169.
- Феофраст. Исследование о растениях. Рязань: Александрия, 2005. 560 с.
- Fedorova S. V. *Asarum europaeum* L. (Aristolochiaceae) Cenopopulations in Forest: Responses to Climatic Factor // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. V. 6. № 4. P. 2106–2113.
- Fedorova S. V. Experimental results with *Fragaria vesca* L. (Rosaceae) in the concept «Polycentric plant model» // Ecology and Evolution: New Challenges: Proceedings of the International Symposium dedicated to the celebration of 100th anniversary of RAS Academician S. S. Shwartz (April 1–5, 2019, Ekaterinburg, Russia). Ekaterinburg: Liberal Arts University – University for Humanities, 2019. P. 290–292.

**СОЗДАНИЕ РЕЕСТРА РАСТЕНИЙ УРАЛЬСКОГО САДА
ЛЕЧЕБНЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Фомин В. В.^{1,2}, Мартюшов П. А.¹, Скоморохова Г. В.¹,
Лежнина О. С.¹, Ботов А. А.¹, Рогачев В. Е.¹

¹*Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия*

²*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

**CREATION OF PLANTS REGISTER OF THE URAL GARDEN
OF CURATIVE CULTURES USING GIS-TECHNOLOGIES
AND REMOTE SENSING DATA**

Fomin V. V.^{1,2}, Martushov P. A.¹, Skomorokhova G. V.¹,
Lezhnina O. S.¹, Botov A. A.¹, Rogachev V. E.¹

¹*Ural State Forestry Engineering University, Ekaterinburg, Russia*

²*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: fomval@gmail.com

Summary: using geoinformation technologies and remote sensing data obtained by drone, large-scale maps of plants and a register of species of the Ural Garden of Curative Cultures of the Ural State Forest Engineering University were created.

Keywords: botanical garden, register of plants, unique identification, geoinformation database, maps

Введение

Изучение и сохранение биологического разнообразия являются актуальными задачами, которые стоят перед научным сообществом. Необходимо отметить, что биоразнообразие является емким понятием. Ангемейер и Кэпп провели анализ биологического разнообразия на трех уровнях: таксономическом, генетическом и экологическом (Angermeier, Karr, 1994). На таксономическом уровне авторы выделяют следующий ряд: биота, царство, тип/отдел, класс, порядок/отряд, семейство, род, вид. На генетическом – геном, группа хромосом, хромосома, ген, аллель. На экосистемном – биосфера, биом, ландшафт, экосистема/сообщество, популяция. Биологическое разнообразие более всеобъемлющее понятие по сравнению с видовым разнообразием. Неспособность некоторых исследователей или лиц, принимающих решения, концептуально интегрировать многочисленные аспекты биоразнообразия приводит к заключениям, имеющим ограниченное применение.

Распространенное злоупотребление термином «биологическое разнообразие» очень часто делает его синонимом видового разнообразия, использование которого снижает роль более широкого значения биоразнообразия и способствует неправильному решению вопросов его сохранения. Одна из крайних форм заблуждения – представление об утрате биоразнообразия

как простого исчезновения видов. Сокращение площади ареала видов, исчезновение различающихся по химическому составу популяций в пределах вида тоже являются примерами значительного сокращения биоразнообразия (Angermeier, Karr, 1994).

Ботанические сады являются важными элементами системы по сохранению биологического разнообразия (Международная программа..., 2000; Калаев и др., 2010). Уральский сад лечебных культур имени профессора Л. И. Вигорова (УСЛК) при Уральском государственном лесотехническом университете (Екатеринбург) является одним из первых ботанических садов, в которых на научной основе отбирались виды и сорта садовых древесных растений, плоды и ягоды которых обогащены витаминами и другими ценными биологически активными веществами, способными как обогатить пищевой рацион, так и быть средством профилактики и лечения серьезных заболеваний человека (Вигоров, 1979). С точки зрения биологического разнообразия коллекция УСЛК обладает уникальностью на всех трех уровнях, выделенных Ангемейером и Кэрром. На таксономическом уровне – это видовой и сортовой состав растений, на генетическом – аллели, на экосистемном – уникальное сочетание биогрупп растений разных видов и сортов, определяющих уникальный облик агробиогеоценоза.

Необходимость сохранения уникальной коллекции древесных растений и ее пополнения новыми видами, а также развития новых наукоемких направлений исследований в Уральском саду лечебных культур требуют использования современных подходов к инвентаризации растений и ведения реестра растений и семян ботанического сада, а также осуществления хозяйственной деятельности. Цель работы – создание реестра растений Ботанического сада «Уральский сад лечебных культур имени профессора Л. И. Вигорова» с использованием ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования.

Материалы и методы

Объект исследований – древесные и кустарниковые растения Уральского сада лечебных культур. УСЛК является особо охраняемой территорией областного значения (Постановление..., 2014). Он находится в черте города Екатеринбурга и состоит из двух участков: первый (УСЛК-1) имеет название «Мемориальный сад», год основания 1950, площадь – 1.32 га; второй участок (УСЛК-2), выделен в 2006 году, площадь – 10.66 га. Географические координаты центроида УСЛК-1: 56°50'N 60°38'E. Координаты центроида УСЛК-2: 56°81'N 60°66'E. Средняя высота участков – 250 м над уровнем моря.

Создание современного реестра растений и совершенствование представления данных о них обусловлено возможностью использования новых методов обследования территории, изменением в международной таксономической номенклатуре, гибелью некоторых экземпляров коллекции и ее пополнением новыми растениями. Результаты исследований, приведенных в данной публикации, получены в рамках первого этапа инвентаризации растений УСЛК в 2019 году сотрудниками Ботанического сада «Уральский сад лечебных культур им. проф. Л. И. Вигорова» и Научно-образовательного центра дендрэкологии и садоводства УГЛТУ. В рамках данного этапа были проведены следующие работы: 1) изучение существующих схем мест посадок растений и материалов, содержащих информацию о них; 2) создание геопривязанных фотопланов территории УСЛК-1 и УСЛК-2; 3) инвентаризация зеленых насаждений УСЛК с определением местоположения растений в натуре; 4) создание картосхем зеленых насаждений УСЛК-1 и УСЛК-2; 5) создание актуальных списков живых и выпавших экземпляров растений, определение их рода, вида и, по возможности, сорта; 6) корректировка названий таксонов, проверка по литературным источникам (Мамаев, 2000; Коропачинский, Востовская, 2002); 7) камеральная обработка полученных данных о растениях и представление их в табличной форме; 8) проектирование структуры таблиц базы, содержащих информацию об

объектах, находящихся на территории УСЛК, включая данные о растениях и зеленых насаждений.

Аэрофотосъемку производили с использованием беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 Advanced (DJI Inc., Китай). Создание мозаики изображений (сшивка аэрофотоснимков) производили с использованием геосервиса www.precisionmapper.com. Дешифрирование изображений и создание векторных геоинформационных слоев производили в географической информационной системе QGIS (<https://qgis.org/ru/site/>).

Результаты и их обсуждение

В ходе инвентаризации растений было установлено, что деревья и кустарники УСЛК относятся к 98 таксонам – родам и видам. Всего на территории УСЛК произрастает 1 868 экземпляров растений. У каждого растения определены географические координаты.

Разработана структура реляционной базы данных реестра родов, видов и сортов деревьев и кустарников УСЛК. Каждому растению УСЛК присвоен уникальный идентификатор. Он формируется путем конкатенации через точку следующих номеров: порядковый номер растения в таблице и на картосхемах (сквозная нумерация); номер участка (УСЛК-1 или УСЛК-2); номер планшета, соответствующий части картосхемы; номер функциональной зоны УСЛК (используется сквозная нумерация); номер вида растения (вид и соответствующий ему номер заносится в таблицу существующих видов); состояние экземпляра растения на инвентаризационный период («0» – мертвое растений, «1» – живое). Например, одно из растений *Abies concolor* Ноорес имеет уникальный идентификатор 2.1.4.7.1.1. Это означает, что растение имеет порядковый номер 2, оно произрастает на территории УСЛК-1, на картосхеме данного участка оно приведено на планшете номер 4, функциональный номер зоны – 7, название вида приведено в таблице видов растений под номером 1, растение живое.

При проектировании базы данных учтена возможность ее расширения. В частности, предусмотрена возможность внесения отметок о наличии болезней или повреждений растений, проведении хозяйственных мероприятий, сбора семенного материала и заготовки черенков. В ходе дальнейших работ будет продолжено уточнение видового, сортового и формового состава коллекции деревьев и кустарников.

Заключение

Картосхемы зеленых насаждений и реестр растений УСЛК являются основой для проведения исследований в области интродукции, селекции и экологии растений, а также исследования флористических сообществ. Они будут использованы для обучения студентов и аспирантов УГЛТУ и при проведении ознакомительных экскурсий в Уральском саду лечебных культур им. проф. Л. И. Вигорова.

Литература

- Вигоров Л. И. Сад лечебных культур. Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство, 1979. 176 с.
- Калаев В. Н., Моисеева Е. В., Николаев Е. А. Сохранение биоразнообразия в ботанических садах мира // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2010. № 2. С. 12–14.
- Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. 707 с.
- Мамаев С. А. Определитель деревьев и кустарников Урала. Местные и интродуцированные виды. Екатеринбург: Изд-е УрО РАН, 2000. 257 с.
- Международная программа ботанических садов по охране растений. Международный совет ботанических садов по охране растений. М., 2000. 57 с.

Постановление Правительства Свердловской области «Об утверждении положений о дендрологических парках и ботанических садах областного значения и внесении изменений в постановление Правительства Свердловской области от 17.01.2001 № 41-ПП “Об установлении категорий, статуса и режима особой охраны особо охраняемых природных территорий областного значения и утверждении перечней особо охраняемых природных территорий, расположенных в Свердловской области”», 17 сентября 2014 года № 799-ПП.

Angermeier P. L., Karr J. R. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. Protecting biotic resources // Bioscience. 1994. V. 44 (10). P. 690–697.

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

Фролова Г. Г.¹, Фролов П. В.^{1,2}, Шанин В. Н.¹⁻³, Иванова Н. В.³

¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушкино, Россия*

²*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия*

³*Институт, математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пушкино, Россия*

STUDY OF FACTORS AFFECTING THE FOREST RENEWAL IN THE PINE STANDS OF THE SOUTHERN MOSCOW REGION

Frolova G.¹, Frolov P.², Shanin V.³, Ivanova N.⁴

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0003-4447-9028](https://orcid.org/0000-0003-4447-9028)*

²*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0001-6564-9829](https://orcid.org/0000-0001-6564-9829)*

³*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-8294-7796](https://orcid.org/0000-0002-8294-7796)*

⁴*Institute of Mathematical Problems of Biology RAS –
The Branch of the Keldysh Institute of Applied Mathematics
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0003-4199-5924](https://orcid.org/0000-0003-4199-5924)*

Corresponding e-mail: gulfina.frolova@gmail.com

Summary: we carried out a quantitative analysis of the dependence of the vitality and species composition of the renewal in pine stands on complex of biotic, abiotic, and edaphic factors. The results showed that the main factors affecting the renewal are soil characteristics and light regime, while the influence of ground vegetation was not found.

Keywords: renewal, natural reforestation, ecological factors, pine forests

Введение

Цель исследования – выявить взаимосвязь жизненности и видового состава древесного подростка в сосновых лесах с комплексом экологических факторов. Рассматривали следующие факторы: абиотические (влажность почвы, освещенность под пологом), биотические (структура живого напочвенного покрова, ЖНП) и эдафические (мощность подстилки и верхнего минерального горизонтов почвы, концентрация биофильных элементов в них).

Материалы и методы

Полевые исследования проводили в весенне-летний период 2018 г. в сосняках Серпуховского района Московской области. Заложено 13 парных временных пробных площадей (ПП), каждая из которых состояла из двух смежных участков: на одном участке подрост присутствовал, а на прилегающем подроста не было. ПП выбирали таким образом, чтобы высота древостоя визуально не различалась, а группа возраста соответствовала средневозрастным или приспевающим древостоям. Размер каждого участка составлял 10 × 10 м. На каждом участке определяли абсолютную полноту и формулу древостоя, доминанты ЖНП, измеряли мощность подстилки и ее влажность. Отбирали образцы органогенного (подстилка) и органо-минерального горизонтов почвы для определения концентрации углерода и азота: по одной смешанной пробе (метод конверта) с каждого участка. Для определения освещенности (выраженной через средневзвешенный показатель пропускания излучения GLI) на каждом участке производили съемку в зенит при помощи фотоаппарата с циркулярным объективом с углом обзора 180°. Для каждой особи подроста указывали вид и определяли ее жизненность.

Полученные результаты обрабатывали в среде статистического программирования R (R Core Team, 2019). Сначала выполняли непрямую ординацию участков по физико-химическим характеристикам почвы, ее влажности, а также оценку освещенности исследованных древостоев методом анализа главных компонент (PCA). Затем проводили попарные сравнения объемной влажности органогенных горизонтов, GLI, мощности подстилки, соотношения C:N в органогенных и органоминеральных горизонтах в парах «контроль – опыт». Для выявления взаимосвязей между анализируемыми факторами использовали многомерный многофакторный корреляционный анализ и коэффициент корреляции Пирсона.

Результаты и их обсуждение

На исследованных ПП подрост представлен сосной (*Pinus sylvestris* L.), елью (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), дубом (*Quercus robur* L.) и березой (*Betula* spp.). В черничных, кустарничково-осоковых сфагновых и зеленомошных сосняках в подросте присутствовали 4 вида деревьев. В кустарничково-зеленомошных и ветвиновых сосняках (из *Calamagrostis arundinacea* Roth) учтено 3 вида (отсутствовал подрост березы). В мертвопокровных сосняках в подросте отмечена ель и незначительное участие дуба. Не выявлено зависимости обилия древесного подроста от типа сообщества как для участков с подростом и без него в пределах одной ПП, так и между ПП. Видимо, в условиях бедных местообитаний для выживания древесного подроста более существенны экологические условия и конкуренция с деревьями и кустарниками, чем с растениями ЖНП, что подтверждается имеющимися литературными данными (Санников, Санникова, 2014).

Результаты PCA показали, что первые две оси объясняют 76.5 % вариации между площадками с присутствием подроста и без него. Наибольший вклад в 1-ю ось вносят факторы, определяющие почвенное богатство (C:N в органогенных и органоминеральных горизонтах почвы и мощность подстилки), во 2-ю ось – освещенность под пологом и влажность почвы в слое 0–6 см. Участки с подростом расположены в области более высоких значений освещенности и меньшей влажности. Зависимость обилия подроста от рассматриваемых факторов видоспецифична. Для сосны определяющими являются освещенность и влажность, подрост ели наиболее обилен на участках с высокими показателями почвенного богатства. Основными факторами, влияющими на жизненность подроста, были освещенность и влажность. Подрост всех рассматриваемых видов характеризовался более высокой жизненностью при более высоких значениях GLI и низкой влажности. Таким образом, результаты ординационного

анализа согласуются с выявленными ранее (Evstigneev, 2018) видоспецифичными особенностями древесного подроста.

Средние значения GLI, мощности подстилки, а также C:N органо-минерального горизонта были выше на площадках с подростом, а средние значения объемной влажности почвы в слое 0–6 см и C:N подстилки на них были ниже. При этом попарные сравнения экологических условий на участках с подростом и без него выявили статистически значимые различия только для объемной влажности почвы в слое 0–6 см. Значимая взаимосвязь между значениями GLI и различными характеристиками почвы не была установлена, однако наблюдалась обратная линейная зависимость разности влажности от разности GLI в пределах одной ПП на участках с подростом и без него. Наличие зависимости разности объемной влажности почвы в слое 0–6 см от разности GLI в парах «контроль – опыт» при отсутствии зависимости между абсолютными значениями этих факторов можно объяснить тем, что на влажность почвы, помимо инсоляции, оказывают влияние другие факторы, такие как микрорельеф, близость грунтовых вод и другие. При сравнении участков одной площадки с подростом и без него, измерения на которых проводились одновременно, влияние этих факторов было минимальным, и основным действующим фактором, влияющим на испарение влаги с поверхности почвы, и, как следствие, изменение объемной влажности в слое 0–6 см, являлась инсоляция. Это позволяет сказать, что, несмотря на статистическую значимость различий объемной влажности в парах «контроль – опыт», ключевую роль в наличии или отсутствии подроста среди абиотических факторов играет именно освещенность под пологом.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант 18-34-00556).

Литература

- Санников С. Н., Санникова Н. С. Лес как подземно-сомкнутая дендроценоэкосистема // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С. 25–34.
- Evstigneev O. I. Ontogenetic scales of relation of trees to light (on the example of Eastern European forests) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. № 3. P. 1–18. DOI: [10.21685/2500-0578-2018-3-3](https://doi.org/10.21685/2500-0578-2018-3-3)
- R Core Team R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2019. URL: <https://www.R-project.org/> (2020-02-05).

**РАЗНООБРАЗИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
НА УЧАСТКАХ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ВЕТРОВАЛА
В ЗАПОВЕДНИКЕ «КАЛУЖСКИЕ ЗАСЕКИ»**

Ханина Л. Г.¹, Бобровский М. В.², Стаменов М. Н.²

¹*Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пушино, Россия*

²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино, Россия*

**VEGETATION DIVERSITY IN AREAS OF CATASTROPHIC WINDTHROW
IN TEMPERATE BROADLEAVED FORESTS ON THE EXAMPLE
OF STRICT NATURE RESERVE “KALUZHSKIE ZASEKI”**

Khanina L. G.¹, Bobrovsky M. V.², Stamenov M. N.²

¹*Institute of Mathematical Problems of Biology of RAS, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-8937-5938](https://orcid.org/0000-0002-8937-5938)*

²*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of RAS,
Pushchino, Russia*

Corresponding e-mail: khanina.larisa@gmail.com

Summary: we studied vegetation diversity in areas of catastrophic windthrow of 2006 that took place in temperate forests of the Kaluzhskie Zaseki Reserve. Mean deadwood volume was 433 ± 47 m³/ha. After four years a number of tree regrowth varied from 9000 to 17300 stems/ha. There was an increase in the diversity of vascular plants on microsites formed after tree falls with uprooting due to boreal, nitrophilous and light demanded species.

Keywords: windthrow, oak forests, vegetation diversity, vascular plants

В августе 2006 г. на территории Южного участка заповедника «Калужские засеки» прошел катастрофический массовый ветровал, который охватил 3.7 % площади бывшего Ягодненского лесничества. По данным космических снимков и наземного картирования было выявлено, что общая площадь массового ветровала составляет 285 га; ветровал состоит из 291 локального участка площадью от 0.04 до 51 га (Бобровский, Стаменов, 2020). Анализ площадей повреждения лесов разного состава и возраста показал, что в наибольшей степени ветровалом были повреждены средневозрастные и приспевающие осинники и березняки, а в наименьшей – старовозрастные и перестойные широколиственные леса (дубравы). Полевые исследования 2010 г. на пяти пробных площадях (ПП) показали примерно равное соотношение случаев ветролома (обломов деревьев) и ветровала (падения деревьев с выворачиванием корневой системы и образованием ветровально-почвенных комплексов, ВПК); доля уцелевших особей деревьев на всех ПП составила около 20 %. Доля площади, занятой буграми и западинами ВПК, составляла от 6 до 25 % площади исследованных ПП, а площадь валежа варьировала 17 до 32 %; на некоторых ПП площадь валежа в несколько раз превышала площадь ВПК. Средний запас валежа на изученных ПП составлял 433 ± 47 м³/га. Численность подроста

на ПП варьировала от 9 до 17,3 тыс. шт./га. Основными доминантами подроста являлись *Populus tremula* и *Tilia cordata*; преобладало вегетативное возобновление этих видов. Также наблюдалось значительное участие в подросте *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra*, *Acer platanoides* и *A. campestre* (с семенным и вегетативным возобновлением). Для *Quercus robur*, *Betula pendula* и *Picea abies* возобновление было отмечено единично и только семенное. Видовой состав подроста коррелировал с составом «упавшего» древостоя и составом ценоотического окружения участков ветровала.

Проанализировано разнообразие видов сосудистых растений, произрастающих на элементах ВПК (Khanina et al., 2019). На трех участках ветровала в 2010 г. описаны растительные группировки, произрастающие на 45 вывалах 8 видов деревьев (10 особей ясеня, 8 осины, по 7 липы и вяза, по 4 березы и дуба, 3 клена остролистного и 2 ели). Списки видов сосудистых растений с указанием процентов проективного покрытия были составлены для следующих элементов ВПК: вершина бугра, задняя и передняя стенки бугра, западина, передний клин (для провернутых вывалов) и прикомлевая часть ствола упавших деревьев (валеж). На этих элементах ВПК описано 206 растительных группировок. Также в качестве «фона» описана растительность на 45 площадках 1 × 1 м, расположенных рядом с ВПК, но не нарушенных ветровалом.

Всего на 251 площадке зарегистрировано 78 видов сосудистых растений: 12 видов деревьев, 4 вида кустарников и 62 вида травянистых растений. Из 78 видов 26 присутствовали только на элементах ВПК (отсутствовали на площадках фона): это 3 вида деревьев (*Salix caprea*, *Pinus sylvestris* и *Betula pendula*), 2 вида кустарников (*Euonymus verrucosa* и *Sambucus racemosa*) и 20 видов травянистых растений. Шесть видов сосудистых растений не были встречены до исследования ветровала в описаниях широколиственных лесов и осинников заповедника (Khanina et al., 2018a, 2018b) и 8 видов были встречены там не более трех раз. Виды, не встреченные на фоновых площадках, как правило, относились не к типичной в этих лесах неморальной эколого-ценотической группе, а к другим группам – бореальной (*Phegopteris connectilis*, *Sambucus racemosa*), нитрофильной (*Rubus caesius*), водно-болотной (*Epilobium hirsutum*, *Epilobium palustre*), лугово-опушечной (*Bromopsis inermis*, *Hypericum hirsutum*, *Coryza canadensis*, *Vicia cracca*) и боровой (*Calamagrostis epigeios*). Семенные особи многих видов деревьев – *Tilia cordata*, *Ulmus glabra*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides*, *Padus avium*, *Salix caprea*, *Betula* spp. и *Populus tremula* часто встречались на элементах ВПК.

Максимальное композиционное разнообразие наблюдалось в западинах и на фоновых участках. При этом среднее число видов на площадке было максимальным в фоне (10 ± 0.3), а общее видовое богатство – в западине ВПК (59 видов). Видовая насыщенность уменьшалась в ряду: фон – западина (8.6 ± 0.5) – передний клин (5.1 ± 0.4) – вершина бугра (4.6 ± 0.3) – передняя стенка (4.2 ± 0.3) – задняя стенка (3.5 ± 0.3) – валеж (2.7 ± 0.4). Бета-разнообразие было наиболее высоким на элементах бугра (индекс Уиттекера варьировал от 7.0. до 8.3); оно уменьшалось на элементах западины (5.9 в западине и 4.1 в переднем клине) и в фоне (4.2); при минимальном значении на валеже (2.8). Структурное разнообразие растительности было также наиболее богатым на элементах бугра и западины в связи с появлением там бореальных, нитрофильных, водно-болотных и лугово-опушечных видов. Описания фоновых участков по эколого-ценотической структуре в целом были сходны с описаниями осинников и широколиственных лесов заповедника (Бобровский, Ханина, 2000); доля неморальных видов в них составляла 80–90 %. В остальных микросайтах доля неморальных видов была меньше (от 50 до 71 %); число и доля бореальных видов были максимальны на всех элементах бугров и в западине ВПК. На элементах бугра и на валеже наблюдалось высокое проективное покрытие

зеленых мхов. В среднем, мхи занимали 15 % площади задней стенки бугра, 46 % – передней стенки и 55 % вершины бугра; среднее покрытие мхами прикомлевых частей лежащих стволов составляло 62 %. На фоновых площадках проективное покрытие зеленых мхов составляло 1–2 %.

Таким образом, анализ структуры и состава растительности через 4 года после ветровала показал значительное изменение лесной среды и образование новых местообитаний. На всех исследованных участках наблюдалось успешное и быстрое возобновление деревьев после ветровала. Ветровально-почвенные комплексы, образованные в ходе массового ветровала, вели к увеличению разнообразия эколого-ценотической структуры растительного покрова широколиственных лесов за счет появления новых микроместообитаний, к увеличению разнообразия растений, появлению в напочвенном покрове мохообразных видов, а также видов бореальной, нитрофильной, водно-болотной, лугово-опушечной и боровой эколого-ценотических групп. Наличие обнаженного субстрата на элементах ВПК способствовало появлению там семенных особей многих древесных видов.

Ветровалы в широколиственных равнинных лесах слабо изучены по сравнению с лесами других типов, что отчасти является следствием относительной редкости этих лесов в настоящее время. Однако в условиях потепления климата площадь широколиственных лесов может заметно увеличиваться, что определяет особую важность и актуальность их изучения. Следует продолжать исследование динамики видового состава подроста и подлеска на заложенных ранее пробных площадях в заповеднике «Калужские засеки», а также динамики разнообразия напочвенного покрова на элементах ВПК.

Благодарности

Работа поддержана РФФИ. Проекты 09-04-01689, 20-04-00733.

Литература

- Бобровский М. В., Стаменов М. Н. Катастрофический ветровал 2006 года на территории заповедника «Калужские засеки» // Лесоведение. 2020. (В печати.)
- Бобровский М. В., Ханина Л. Г. Заповедник «Калужские засеки» // Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. Под ред. Л. Б. Заугольной. М.: Научный мир, 2000. С. 104–124.
- Khanina L. G., Bobrovsky M. V., Zhmaylov I. V. Vegetation diversity on the microsites caused by tree uprooting during a catastrophic windthrow in temperate broadleaved forests // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2019. V. 4 (3). DOI: [10.21685/2500-0578-2019-3-1](https://doi.org/10.21685/2500-0578-2019-3-1)
- Khanina L., Bobrovsky M. Temperate Forests of European Russia. 2018b. URL: <https://www.givd.info/ID/EU-RU-014>
- Khanina L., Bobrovsky M., Glukhova E., Ivanova N. Vegetation relevés in temperate forest region of European Russia. Metadata dataset. Version 1.12. Institute of Mathematical Problems of Biology, Russian Academy of Sciences, 2018a. DOI: [10.15468/gohl5](https://doi.org/10.15468/gohl5) (accessed via GBIF.org on 2020-02-15).

РЕГИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ СЕГЕТАЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КАК ОСНОВА СРАВНИТЕЛЬНЫХ АНАЛИЗОВ И ОБОБЩЕНИЙ

Хасанова Г. Р.¹, Ямалов С. М.², Лебедева М. В.²,
Лунева Н. Н.³, Третьякова А. С.⁴, Кондратков П. В.⁴

¹Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАН,
Уфа, Россия

²Южно-Уральский ботанический сад институт РАН, Уфа, Россия

³Всероссийский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

⁴Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

REGIONAL WEED VEGETATION DATABASES – COMPARATIVE ANALYSIS AND SYNTHESIS BASIS

Khasanova G. R.¹, Yamalov S. M.², Lebedeva M. V.²,
Luneva N. N.³, Tretyakova A. S.⁴, Kondratkov P. V.⁴

¹Bashkir Research Institute of Agriculture –subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²South-Ural Botanical garden-institute – subdivision of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

³All-Russia Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russia

⁴Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Corresponding e-mail: lebedevamv@mail.ru

Summary: the statement of regional databases of weeding vegetation is discussed. Databases of the Southern Urals, North-West area of Russian Federation and Sverdlovsk region are characterized. The main directions of using these data in investigation of biodiversity and ecological patterns are described.

Keywords: biodiversity, vegetation, database, weed vegetation, the Southern Urals, North-West area of Russian Federation

Современный этап развития науки о растительности связан с исследованиями, которые базируются на результатах обработки больших массивов данных т.н. Big Data. Локальные базы данных (фитоценотеки), включающие характеристики растительных сообществ небольших территорий, объединяются на базе международных платформ, таких как Европейский архив растительности и международный консорциум sPlot, функционирующих на единой методологической и технической основе. Сформированные массивы данных и создаваемые для их исследования международные коллаборации становятся локомотивом изучения растительного покрова в глобальном масштабе (Chytrý et al., 2016; Bruelheide et al., 2019; Willner et al., 2019).

На Южном Урале целенаправленные работы по созданию единой электронной фитоценотеки ведутся с середины 2000-х годов. В 2012 году материалы по отдельным типам травяной растительности впервые проиндексированы в международных справочных системах (Yamalov et al., 2012). На сегодняшний день фитоценотека травяной растительности Южного

Урала насчитывает более 6 500 геоботанических описаний вторичных лугов, опушек, степей и сорно-полевых сообществ и включена в международные архивы данных по растительности: 00-RU-006 – Database of non-forest vegetation of the Southern Urals (<http://www.givd.info/ID/00-RU-006>).

Сегетальные (или сорно-полевые сообщества) в базе представлены 1 248 геоботаническими описаниями, выполненные с 1980 по 2019 г. Основные коллекторы описаний: Г. Р. Хасанова, Э. Ф. Шайхисламова, С. М. Ямалов, Л. М. Абрамова. Наиболее полно представлена информация по территории Республики Башкортостан (более 90 % описаний). Число видов сорно-полевых сообществ в базе данных – 318.

Данные материалы стали основой для исследований биоразнообразия сегетальных сообществ Южного Урала. Разработана синтаксономия сегетальных сообществ южной части лесной, лесостепной и северной части степной зон (Хасанова и др., 2018а, 2019), продолжают синтаксономические исследования по сегетальным сообществам степной зоны (Хасанова и др., 2019b). Исследуются вопросы экологических факторов организации сегетальной растительности и ее динамики (Хасанова и др., 2017), состава и динамики флор (Хасанова и др., 2016). Для определения потенциальных ареалов отдельных типов сегетальных сообществ и прогнозирования их динамики при умеренном сценарии изменения климата апробированы методы биоклиматического моделирования (Хасанова и др., 2018b).

Для дальнейшего развития перечисленных направлений принципиально важным является анализ данных на широких географических градиентах. В связи с этим возрастает значение интеграции данных по отдельным регионам на единой технической основе. В настоящее время ведется работа по упорядочиванию данных по сегетальной растительности Северо-Западного региона и Среднего Урала и приведению этих материалов к единым стандартам в формате пакета Turboveg (Hennekens, Schaminée, 2001).

В 2019 г. создана фитоценотека сегетальной растительности Северо-Западного региона РФ (Ленинградской область), которая насчитывает 835 геоботанических описаний. Она была проиндексирована в Глобальном индексе данных о растительности: EU-RU-015 – Database of weed vegetation of the Northwest of the European part of Russia (<http://www.givd.info/ID/EU-RU-015>). Число видов сорно-полевых сообществ в базе данных – 237. Основные коллекторы описаний: Н. Н. Лунева, И. Н. Надточий, Т. Д. Соколова.

В 2019 году сформирована и готовится к индексации база данных по Свердловской области, насчитывающая 208 описаний посевов зерновых, технических и овощных культур и посевов многолетних трав. Число видов сорно-полевых сообществ в базе данных – 114. Основные коллекторы описаний: А. С. Третьякова, П. В. Кондратков.

Несмотря на то, что работы по созданию и администрированию этих баз данных начаты относительно недавно, они уже позволяют проводить сравнительные межрегиональные исследования. Так, проведен непрямой ординационный анализ сегетальных сообществ Ленинградской области и Республики Башкортостан. Определены диапазоны, занимаемые сообществами, по 9 шкалам Д. Н. Цыганова. Показано, что в дифференциации флористического состава сегетальных сообществ Ленинградской области наибольшую роль играют экологические факторы: богатство почв азотом, переменности увлажнения и суровости зимнего периода, а в Республике Башкортостан – аридности-гумидности, солевого режима, освещенности/затенения, увлажнения и кислотности почв (Ямалов и др., 2019).

Кроме изучения фундаментальных вопросов разнообразия и факторов формирования сегетальной растительности, фитоценотека позволяет получить ценные данные для прикладных отраслей сельскохозяйственных наук и агропромышленного комплекса. Так, с использованием

базы данных по растительности Южного Урала разработаны рекомендации производству, освещающие в числе прочих вопросы распространения основных сорных видов на пахотных землях Республики Башкортостан. Приведен перечень основных сорных растений, рассмотрены агробиологические и экологические характеристики сорных растений, закономерности их распространения по сельскохозяйственным зонам и культурам. Составлен иллюстрированный атлас сорных видов. Даны методические указания по ведению учета засоренности посевов (Хасанова и др., 2018).

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 19-016-00135) и средств государственного бюджета (№ АААА-А18-118011990151-7).

Литература

- Хасанова Г. Р., Голованов Я. М., Ямалов С. М. Динамика таксономического спектра сегетальной флоры Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (57). С. 133–135.
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Давлетшин Ф. М., Сафин Х. М., Лебедева М. В., Аюпов Д. С. Зоны распространения сорняков на пахотных землях Республики Башкортостан и меры борьбы с ними (рекомендации производству). Уфа: Мир печати, 2018с. 122 с.
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В. Сегетальная растительность Южного Урала: союз *Scleranthion annui* (Kruseman et Vlieger 1939) sissingh in Westhoff et al. 1946 // Растительность России. СПб., 2018а. № 34. С. 120–137.
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Голованов Я. М. О новой ассоциации сегетальной растительности Южного Урала // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 4. С. 97–103.
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Сафин Х. М. Прогноз распространения сорно-полевых сообществ Южного Урала на основе климатического моделирования // Достижения науки и техники АПК. 2018b. № 9 (32). С. 17–20. DOI: [10.24411/0235-2451-2018-10904](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10904)
- Хасанова Г. Р., Ямалов С. М., Лебедева М. В., Шигапов З. Х. Сегетальная растительность Южного Урала: союзы *Caucalidion Tx. ex von Rochow* 1951 и *Lactucion tataricae* Rudakov in Mirkin et al. 1985 // Растительность России. 2019а. № 37. С. 1–28.
- Ямалов С. М., Лебедева М. В., Лунева Н. Н., Хасанова Г. Р., Шигапов З. Х. Сравнительная характеристика факторов организации сегетальных сообществ Ленинградской области и Республики Башкортостан // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 3 (28). С. 92–98. DOI: [10.24411/2309-4370-2019-13116](https://doi.org/10.24411/2309-4370-2019-13116)
- Bruehlheide H., Jiménez-Alfaro B., Purschke O., Haider S., Jandt U., Sabatini F. M., Kühn I., Dengler J., Kattge J., Winter M., Köhl H., Sop T., Virtanen R., Wesche K., Hennekens S. M., Janssen J., Ozinga W. A., Schaminée J. H. J., Chytrý M., Holubová D., Yamalov S. et al. sPlot – A new tool for global vegetation analyses // Journal of Vegetation Science. 2019. V. 30. № 2. P. 161–186.
- Chytrý M., Jiménez-Alfaro B., Knollová I., Landucci F., Danihelka J., Jiroušek M., Marcenò C., Michalcová D., Peterka T., Hennekens S. M., Schaminée J. H. J., Janssen J. A. M., Dengler J., Jandt U., Jansen F., Aćić S., Dajić Stevanović Z., Agrillo E., Attorre F., De Sanctis M., Yamalov S. et al. European Vegetation Archive (EVA): an Integrated Database of European Vegetation Plots // Applied Vegetation Science. 2016. V. 19. № 1. P. 173–180.
- Hennekens S. M., Schaminée J. H. J. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data // Journal of Vegetation Science. 2001. V. 12. № 4. P. 589–591. DOI: [10.2307/3237010](https://doi.org/10.2307/3237010)
- Willner W., Rolecek J., Chytrý M., Korolyuk A., Dengler J., Jandt U., Janišová M., Lengyel A., Kacki Z., Aćić S., Becker T., Cuk M., Demina O., Kuzemko A., Kropf M., Lebedeva M., Yamalov S., Semenishchenkov Y., Šilc U., Stančić Z. et al. Formalized Classification of Semi-Dry Grasslands in Central and Eastern Europe // Preslia. 2019. V. 91. № 1. P. 25–49.

**ИЗУЧЕНИЕ И МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ
СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ НИЗОВИЙ РЕКИ ИНДИГИРКИ
МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНЫХ ФЛОР**

Хитун О. В.¹, Королева Т. М.¹, Schaepman-Strub G.², Iturrate-Garcia M.²

¹*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

²*Университет Цюриха, Цюрих, Швейцария*

**STUDY AND MONITORING OF THE VASCULAR PLANTS DIVERSITY
IN THE LOWER REACHES OF THE INDIGIRKA RIVER
BY THE LOCAL FLORA METHOD**

Khitun O. V.¹, Koroleva T. M.¹, Schaepman-Strub G.², Iturrate-Garcia M.²

¹*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia*

²*University of Zurich, Switzerland*

Corresponding e-mail: khitun-olga@yandex.ru

Summary: four localities in the lower reaches of the Indigirka River were visited, aiming to reveal the complete local flora in all of them. Localities were different in topography, which reflected in various species richness values. In two sites, flora was studied previously and re-inventory showed, along with increase in species list, some changes in latitudinal structure of flora (small increase of the proportion of Boreal species).

Keywords: local flora, vascular plants, Arctic, monitoring, geographical structure, rare species

Глобальная проблема сохранения биоразнообразия и изучение влияния климатических изменений и антропогенных воздействий на растительный покров требуют тщательной инвентаризации и последующего мониторинга видового состава сосудистых растений. Метод локальных флор (модификация метода конкретных флор А. И. Толмачева) используется в Арктике сотрудниками Ботанического института им. В. Л. Комарова уже более 70 лет. Суть метода в стремлении очень тщательно выявить флору определенной территории, размер которой позволяет охватить все имеющиеся в данном районе типы местообитаний: в равнинных районах – это около 100 км², в горных – около 300 км². Созданная по инициативе Б. А. Юрцева (Юрцев и др., 2001) сеть локальных флор (ЛФ) Российской Арктики насчитывает сейчас около 320 флор (Khitun et al., 2018) и позволяет проводить всесторонний анализ флористических параметров.

Однако густота распределения ЛФ в разных секторах Арктики очень различна. В частности, низовья Индигирки до последнего времени оставались белым пятном. В 2013–2014 гг. проводилось изучение флор 4 пунктов: окрестности поселка Чокурдах на левом берегу р. Индигирка (70°39' с. ш. 147°53' в. д.); окрестности стационара Кыталык на левом берегу р. Берелех, в 28 км к северо-западу от Чокурдах (70°49' с. ш. 147°48' в. д.); окрестности мыса Бурулгин на правом берегу р. Индигирка (70°47' с. ш. 148°45' в. д.) и окрестности пос. Полярный в дельте р. Индигирка (71°07' с. ш. 149°05' в. д.). Окрестности поселка Чокурдах

и мыса Бурулгин характеризуются большим разнообразием рельефа и типов местообитаний – к ним подходят отроги Аллаиховского и Кондаковского нагорий, соответственно. Окрестности пос. Полярный низменны, но благодаря многочисленным водотокам и склонам создается некоторое разнообразие местообитаний. Чрезвычайно монотонны окрестности стационара Кыталык, он находится в заповеднике для водоплавающих птиц. Наибольшую площадь занимают огромная аласная депрессия, а также пойма; из выпуклых форм рельефа имеются остатки плейстоценовой террасы и единичные бугры-балгуны. Тем не менее, 12 типов местообитаний выделено в этом участке. Сравнение их парциальных флор с аналогами из западносибирской Арктики показало близкие значения их богатства, за исключением нескольких типов, в частности крутых склонов и нивальных экотопов (однако их низкое богатство скорее всего обусловлено редкостью данных экотопов в Кыталыке). В Кыталыке был также проведен анализ зависимости видового богатства от почвенных характеристик (ССА, канонический анализ соответствий). Показана связь состава сосудистых растений с pH, температурой и влажностью почвы, а также содержанием азота.

Видовое богатство 4-х ЛФ различалось в зависимости от рельефа территорий. Наиболее богатыми были окрестности мыса Бурулгин (около 240 видов) и поселка Чокурдах (222 вида), самая бедная – ЛФ «Кыталык» (132 вида), и немного богаче ЛФ окрестностей Полярного (157). Последняя относится к подзоне D (почти на границе с C), а три прочие ЛФ – к подзоне E (CAVM team, 2003).

Несколько редких видов, в том числе включенных в Красную Книгу Якутии (отмечены звездочкой) были обнаружены в одном или нескольких из обследованных пунктов: *Triglochin maritimum*, *Pleuropogon sabinii*, *Trisetokoeleria cf. yurtzevii*, *Carex supina* ssp. *spaniocarpa**, *Lysiella oligantha**, *Minuartia obtusiloba**, *Sagina nodosa*, *Batrachium eradicatum*, *Arabidopsis bursifolia*, *Arabis umbrosa*, *Parnassia kotzebuei**, *Vicia macrantha**, *Androsace ochotensis**, *Pedicularis penellii**. Для некоторых видов было отмечено их самое северное местонахождение в регионе: *Moehringia lateriflora*, *Salix myrtilloides*, *Polygonum tripterocarpum*, *Orthilia obtusata*, *Utricularia minor*.

Во всех локальных флорах был проведен анализ экологических групп. Интересно, что несмотря на различия во внутриландшафтной структуре, соотношения разных групп (рассматривалось только отношение к условиям увлажнения) оказалось почти идентичным во всех 4 флорах.

Окрестности Чокурдаха и Полярного изучались ранее (Боч, Царева 1974), после наших работ списки видов существенно увеличились (подробнее о мониторинге флоры Чокурдаха см.: Королева и др., 2019). Отсутствие четкой документации первичных обследований затрудняет мониторинг, тем не менее анализ географического состава переобследованной флоры показал небольшое увеличение числа и доли бореальных видов и, соответственно, уменьшение доли арктических, в составе только новых находок доля бореальных существенно выше. Важно отметить, что большинство новых бореальных видов – антропохоры, проникающие вдоль дорог или найденные только в поселке. Опыт мониторинга на уровне локальной флоры показал необходимость очень четкой документации всех материалов инвентаризации флоры, указание координат находок редких видов, маршрутов обследования, закладку ключевых площадок, характеристика поведения видов через баллы активности или хотя бы в шкале «единично–массово», «редко–повсеместно». Это значительно облегчит переобследование и позволит делать более надежные выводы. Флора более консервативна, чем растительность, тем более значимы обнаруживаемые в ее структуре изменения.

Благодарности

Работа выполнена в рамках плановой темы Лаборатории географии и картографии растительности БИН РАН № АААА-А18-118032790284-9 «Пространственная организация, разнообразие и картографирование растительного покрова северной Евразии».

Литература

- Боч М. С., Царева В. Т. К флоре низовьев р. Индигирки (в пределах тундровой зоны) // Ботанический журнал. 1974. Т. 59. № 6. С. 839–849.
- Долинин И. Н. (ред). Красная Книга Республики Саха (Якутия). Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Министерство Охраны природы РС (Якутия). Якутск, 2001. 256 с.
- Королева Т. М., Гоголева П. А., Петровский В. В., Зверев А. А., Троева Е. И. Мониторинг локальной флоры в окрестностях поселка Чокурдах (северо-восток Якутии) // Ботанический журнал. 2019. Т. 104. № 9. С. 32–66.
- Юрцев Б. А., Катенин А. Е., Королева Т. М., Кучеров И. Б., Петровский В. В., Ребристая О. В., Секретарева Н. А., Хитун О. В., Ходачек Е. А. Опыт создания сети пунктов мониторинга биоразнообразия Азиатской Арктики на уровне локальных флор: зональные тренды // Ботанический журнал. 2001. Т. 86. № 9. С. 1–27.
- CAVM Team. Circumpolar Arctic Vegetation Map. Scale 1:7 500 000. Anchorage, Alaska: U.S. Fish and Wildlife Service, 2003.
- Khitun O. V., Chinenko S. V., Zverev A. A., Koroleva T. M., Petrovsky V. V., Pospelov I. N., Pospelova E. B. Gradients of Taxonomic Diversity among Local Floras in the Russian Arctic // The Fourth International Scientific Conference Ecology and Geography of Plants and Plant Communities. KnE Life Sciences, 2018. P. 80–87. DOI: 10.18502/cls.v4i7.3224

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ GBIF ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТ АРЕАЛОВ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ РОССИИ

Хляп Л. А., Петросян В. Г., Осипов Ф. А., Варшавский А. А.

*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН,
Москва, Россия*

USING GBIF DATA FOR CREATION THE SPECIES DISTRIBUTION MODELS OF MOST DANGEROUS ALIEN MAMMALS OF RUSSIA

Khlyap L. A.¹, Petrosyan V. G.², Osipov F. A.³, Warshavskiy A. A.³

*¹Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

ORCID: [0000-0001-7698-5887](https://orcid.org/0000-0001-7698-5887)

*²Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

ORCID: [0000-0002-7483-5102](https://orcid.org/0000-0002-7483-5102)

*³Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

Corresponding e-mail: khlyap@mail.ru

Summary: data from the international GBIF database were used to create a model of spatial distribution and ecological niches in native and invasive parts of the ranges for the 9 most dangerous alien species in Russia. Quantitative estimates of the similarity, overlap, and expansion of ranges in the current climate, as well as under different scenarios of climate warming, are presented.

Keywords: GBIF, distribution range, GIS, SDM, invasions, forecast, modelling

При изучении инвазионного процесса большое значение имеет географическая составляющая: расположение и динамика заселения области инвазии, абиотические и биотические факторы, влияющие на эффективность и скорость распространения вида в новом регионе. В недавно изданной книге, посвященной самым опасным инвазионным видам России (Самые..., 2018), для каждого из 100 отобранных для этого издания видов были созданы географические карты, характеризующие инвазии видов на территорию России, и, по возможности, инвазионные части ареалов в других странах, а также нативные части ареалов. При составлении карт использована лицензионная версия ArcGIS Desktop 10.6.1., предоставленная компанией ESRI.

В число самых опасных инвазионных видов России включено 10 видов млекопитающих. Отображение их распространения в пределах России и прилежащих стран, ранее входивших в СССР, основывалось на собственных материалах и литературных данных. Находки в странах Западной Европы дополнены информацией, имеющейся в международной базе данных GBIF (<https://www.gbif.org/>). Использование этих материалов помогло уточнить распространение вида в периферийных частях ареалов. В ряде случаев места встреч инвазионных видов млекопитающих, информация о которых имеется в GBIF, выходят за пределы опубликованных

ранее ареалов вида. Например, евразийская часть ареала американской норки (*Neovison vison*) по Bonesi, Tom (2012) не включает места обнаружения американской норки на Британских островах, на Пиренейском полуострове, в Бретани и других частях Франции. Другая особенность инвазий – относительно быстрое расширение инвазионной части ареала. Нами были разработаны методы визуализации направления расширения ареалов инвазионных видов на территории России.

Данные из GBIF использованы также для прогноза возможного расселения в различные регионы России. Такие работы реализованы путем сравнения экологических ниш в нативной и инвазионной частях ареалов, которые были получены с использованием комплексного подхода их моделирования, в том числе построением SDM-моделей (Hijmans et al., 2017). Для этих исследований были пригодны 9 из 10 опасных инвазионных видов млекопитающих. Были выбраны места обнаружения вида (локалитеты) как в нативной, так и в инвазионной частях ареала. Обращение к базе данных GBIF было особенно полезно для видов, нативная часть ареалов которых лежит в Северной Америке (канадский бобр *Castor canadensis*, ондатра *Ondatra zibethicus*, енот *Procyon lotor*, американская норка *Neovison vison*). Для проверки качества данных использован дополнительный фильтр: в число локаций, отобранных для дальнейших исследований, были включены только те, которые сопровождались информацией об авторе, годе находки, и географических координатах с точностью не меньше 1 км. Кроме того, для устранения пространственной автокорреляции, на следующем шаге были исключены близко расположенные локалитеты. В итоге, для полевой мыши *Apodemus agrarius* было отобрано 409 локаций в нативной части ареала и 421 – в инвазионной, для канадского бобра 4 381 и 35 соответственно, для домового мыши *Mus musculus* 206 и 136, для американской норки 2 996 и 497, для енотовидной собаки *Nyctereutes procyonoides* 527 и 411, для ондатры 3 753 и 565, для серой крысы *Rattus norvegicus* 763 и 89, для черной крысы *Rattus rattus* 143 и 119.

Следующий этап был посвящен определению оптимальных предикторных переменных, которые важны для анализа экологических ниш и конструирования карт местообитаний, пригодных для инвазионных видов в нативной части ареала и в регионах их инвазий. Используются биоклиматические, топографические и ландшафтные предикторы (31, 4 и 8 предикторов соответственно). Разработанные подходы моделирования пространственного распределения видов позволили создать модели экологических ниш в нативной и инвазионной частях ареалов каждого из 9 видов млекопитающих и рассчитать количественные показатели их сходства (индекс Шонера, D), перекрытия (S), расширения (E) и «неиспользования» (U) на основе метода ординации (PCA-модели).

Сходство экологических ниш в нативной и инвазионной частях ареалов млекопитающих (индекс Шонера D) было относительно высоко (0.34) только для енота, для остальных видов индекс не превышал 0.07, что говорит о сдвигах экологических ниш в инвазионной части ареала для подавляющего большинства изученных видов. Показатель E (индекс расширения) был максимальным (13 %) для домового мыши, а для других видов млекопитающих не превышал 7 %, составляя в среднем для 9 видов – 3 %. Следовательно, домовая мышь в инвазионной части ареала в большей степени, чем другие виды, освоила новые экологические ниши, которых не было в нативной части ареала. Это объяснимо, так как расширение ареала домового мыши в России идет в холодные регионы, но не в природные местообитания, а в населенные пункты за счет ее высокой склонности к синантропии. Показатель S (индекс стабильности) был наименьшим (87 %) для домового мыши, составлял 93 и 95 % для черной крысы и енотовидной собаки, 98–100 % для остальных изученных видов млекопитающих, в среднем для 9 видов – 97 %. Показатель U (индекс «неиспользования») был наименьшим (37 %) для енота,

невысоким (55 %) для ондатры, варьировал от 61 до 76 % для домового и полевой мыши, серой крысы и американской норки, был максимальным (92–95 %) для канадского бобра, черной крысы и енотовидной собаки, в среднем для 9 видов он составил 72 %. Судя по высоким показателям индекса U, огромная часть экологических ниш, пригодных для инвазионных видов млекопитающих в России, остаются неосвоенными, и имеется высокая вероятность их будущих экспансий даже в условиях современного климата.

С использованием R-пакета *dismo* ver. 1.0-15 (Hijmans, 2017) были созданы модели распределения инвазионных видов млекопитающих. В основе моделей лежат точки находок и растровые слои предикторных переменных с разрешением 2.5 arc min в нативной и инвазионной частях ареалов. Подготовлены модели как в условиях современного климата, так и в условиях различных сценариев его динамики RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 по глобальной модели климата CCSM4 (Community Climate System Model, Collins et al., 2006) с прогнозом до 2050 г. Количественный анализ показал, что в рамках 4 сценариев изменения климата (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5) наблюдается расширение ареалов инвазионных млекопитающих по сравнению с текущим климатом, которое в среднем соответственно составляет: 10, 14, 15, 19 %. Рекордсменом по возможному расширению ареалов при потеплении климата среди 9 инвазионных видов млекопитающих стал канадский бобр – 46, 54, 54, 73 %. Это связано с историей его вселения на территорию России: впервые он самостоятельно вселился со стороны Финляндии и оказался не в самых лучших условиях среды для бобров. Многие местообитания, благоприятные для канадского бобра, заняты сейчас бобром европейским (*Castor fiber*), и есть опасения, что при расселении канадского бобра в среднюю полосу России, он может вытеснить автохтонного европейского бобра (Petrosyan et al., 2019).

Таким образом, данные международной базы GBIF использованы для уточнения ареалов инвазионных видов млекопитающих, для выяснения, характеристики и количественной оценки их экологических ниш в нативной и инвазионной частях ареалов, а также для построения моделей распространения 9 опасных инвазионных видов млекопитающих в современных условиях и при различных сценариях потепления климата.

Благодарности

Исследования поддержаны РНФ 16-14-10323. Авторы также благодарны ESRI (США) за предоставление бесплатной лицензионной версии ArcGIS Desktop Pro 10.6.1 (ESRI Sales Order number: 3128913; ESRI Delivery number: 81833751, User customer number: 535452).

Литература

- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). Ред. Ю. Ю. Дгебуадзе, В. Г. Петросян, Л. А. Хляп. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. 688 с.
- Bonesi L., Tom M. *Neovison vison* Schreber (American mink) // A Handbook of Global Freshwater Invasive Species. Ed. R. A. Francis. London-New York: Earthscan, 2012. P. 378–390.
- Collins W. D., Bitz C. M., Blackmon M. L. et al. The Community Climate System Model Version 3 (CCSM3) // Journal of Climate. 2006. V. 19. P. 2122–2143. DOI: [10.1175/JCLI3761.1](https://doi.org/10.1175/JCLI3761.1)
- GBIF (Глобальная база данных о биоразнообразии). URL: <https://www.gbif.org/> (дата обращения: 09.02.2020).
- Hijmans R. J., Phillips S., Leathwick J., Elith J. *dismo* package for R. 2017. URL: <https://cran.r-project.org/package=dismo>
- Petrosyan V. G., Golubkov V. V., Zavyalov N. A., Khlyap L. A., Dergunova N. N., Osipov F. A. Modelling of competitive interactions between native Eurasian (*Castor fiber*) and alien North American (*Castor canadensis*) beavers based on long-term monitoring data (1934–2015) // Ecological Modelling. 2019. (1 October). V. 409. 108763. DOI: [10.1016/J.ECOLMODEL.2019.108763](https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2019.108763)

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ГЕРБАРИЙ (MAG)
ПЕРЕД ВЫЗОВАМИ СОВРЕМЕННОЙ ЭПОХИ**

Хорева М. Г.

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, Россия

**REGIONAL HERBARIUM (MAG) AGAINST CHALLENGES
OF THE MODERN EPOCH**

Khoreva M. G.

Institute of the biological problems of the North FEB of the RAS, Magadan, Russia

Corresponding e-mail: mkhoreva@ibpn.ru

Summary: the Herbarium of IBPN FEB RAS (MAG) is the third in the Far East of Russia by the number of stored samples. The team of Department of Botany keeps traditions and develops new directions in the knowledge of the regional flora. Databases (a list of vascular plants of the Magadan region, an electronic catalog of specimen labels), the beginning of bar-coding of the collection and plans for digitizing herbarium are reported.

Keywords: Herbarium, MAG, regional flora, bar-coding

Гербарий Института биологических проблем Севера ДВО РАН (MAG) основан в 1970–1972 гг. одновременно с организацией Института (практически с нуля) известным ботаником Андреем Павловичем Хохряковым. Один из итогов его работы на Северо-Востоке России – монография «Флора Магаданской области» (1985). В последующие годы группой «Гербарий» и лабораторией ботаники руководила Александра Наумовна Беркутенко, приложившая немало усилий для сохранения и развития коллекций (Беркутенко, 1997; Хорева, 2019). Гербарий ИБПС ДВО РАН является третьим на Дальнем Востоке России по количеству хранящихся образцов, международный индекс MAG присвоен в 1997 г. Коллективом специалистов были подготовлены несколько монографий по видовому разнообразию сосудистых растений (Беркутенко и др., 2010; Лысенко, 2012; Полежаев, Беркутенко, 2015) и грибов (Сазанова, 2009), а также «Атлас семян растений Северной Азии» (Беркутенко, 2016) и два издания региональной Красной книги (2008, 2019).

Гербарий сосудистых растений включает в основном сборы сотрудников Института с 1970 г., а также образцы более ранних лет (1940–1960 гг.), переданные из землеустроительной экспедиции, гербарий заповедника «Магаданский» и на настоящий момент насчитывает более 1 700 видов. Общее количество листов превышает 110 000. Большая часть коллекции представлена сборами из Магаданской области и сопредельных территорий – Якутии, Приморья, Камчатки, Чукотки, Командорских о-вов и др. Коллекция семян и плодов насчитывает более 3 600 образцов, которые представляют более 2 000 видов растений флоры Сибири и Дальнего Востока. Микологический гербарий содержит более 10 000 образцов более 700 видов грибов-макромицетов, коллекция лишайников включает порядка 4 700 образцов 270 видов, коллекция мохообразных – около 4 400 образцов более 390 видов.

В 2014–2015 г. была проведена работа по выявлению типовых образцов, подготовлен перечень 32 видов сосудистых растений из Магаданской области, описанных в основном А. П. Хохряковым (Мочалова, Хорева, 2015). Фотографии типовых образцов, а также фотографии некоторых видов в природной обстановке, представлены на сайте ИБПС ДВО РАН (<http://www.ibpn.ru/kollektsii/261-tipovye-obraztsy-sosudistyx-rastenij>). Работа с коллекцией типовых образцов продолжается. Для типовых образцов оформлены особые папки в основном фонде.

Информация о ботанических коллекциях ежегодно обновляется на сайте ИБПС ДВО РАН (<http://www.ibpn.ru/kollektsii>; <http://www.ibpn.ru/en/collections>), а также в Index Herbariorum: (<http://sweetgum.nybg.org/ih/>) – The Herbaria of the world.

В 2016 г. гербарий зарегистрирован как УНУ (уникальная научная установка) «Гербарий (MAG)», ссылка на сайт «Современная исследовательская инфраструктура Российской Федерации»: <http://www.ckp-rf.ru/usu/445676/>.

В последние годы гербарий особенно активно пополняется образцами водных растений (О. А. Мочалова, гранты РФФИ), в том числе – ваучерными для генетических, популяционно-генетических и кариологических исследований. Такие папки в гербарии особо помечены.

С 2000 г. нами поддерживается и развивается база данных «Список видов сосудистых растений Магаданской области». Приводятся латинское и русское название вида, распространение по 6 флористическим районам (по А. П. Хохрякову). Отмечены заносные виды. Отмечено присутствие вида в «красных» списках и на ООПТ различного ранга. По необходимости добавляются колонки по отдельным территориям (МО город Магадан, острова, Атарган). Указано хозяйственное использование для 595 видов.

Приводятся списки литературы по флоре и таксономии, по заповедным территориям, по полезным свойствам. Электронный список сосудистых растений Магаданской области, который является оперативным информационным ресурсом, размещен на сайте ИБПС в Интернете: http://www.ibpn.ru/images/stories/base/herb_base.mht. Мы рассматриваем этот список как удобный инструмент флористико-систематического мониторинга, который обеспечивает преемственность исходных сведений о флоре нашей территории и соответствие их современному уровню развития ботанической науки (Беркутенко и др., 2007; Хорева, 2009; Беркутенко и др., 2009).

На сегодняшний день, однако, надо выходить на новый уровень формирования базы данных о биоразнообразии, сверять названия по Catalogue of Life, оцифровывать образцы и как первичный материал загружать на международные порталы.

На новом уровне по-прежнему актуально высказывание: «любая «флора» – не только и не столько список, сколько стоящий за ним гербарий, и притом гербарий (коллекция засушенных растений), документированный относительно места и времени сбора, характера местообитания и т.д.» (Хохряков, 1989).

С 2006–2007 гг. все новые сборы сосудистых растений (еще не смонтированные образцы), заносятся сотрудниками лаборатории ботаники ИБПС ДВО РАН (в основном самими коллекторами) в электронный каталог, что позволяет распечатывать этикетки. В программе Microsoft Excel в табличной форме присутствуют следующие поля, отражающие содержание гербарной этикетки: «Номер рода» (по Dalla Torre), «Вид», «Область», «Административный район», «Координаты», «Место сбора», «Экология», «Дата», «Собрал», «Определил», «Количество листов», «Примечания». Это не совсем электронный каталог коллекции, поскольку файлы организованы по коллектору, дате и месту сбора, а не по таксономической системе.

Тем не менее, систематический электронный каталог коллекции существует для некоторых родов и семейств, и эта работа будет активно продвигаться в связи с началом штрихкодирования образцов (декабрь 2019 г.). Это первый необходимый шаг для последующей оцифровки образцов (цветовая шкала, линейка, 600 dpi), географической привязки и интеграции в российские и международные базы данных о биоразнообразии. В 2020 г. такую работу предстоит сделать по нескольким родам и семействам водной флоры.

Благодарности

Работа выполняется по плановой теме НИР лаборатории ботаники (AAAA-A17-117122590002-0) при частичной поддержке грантом РФФИ № 19-05-00133\19.

Сотрудники Гербария ИБПС ДВО РАН (MAG) глубоко признательны А. П. Серегину, Д. Д. Сластуну и Н. К. Ковтонюк за неоценимую помощь и консультации, связанные с началом штрихкодирования нашей коллекции.

Литература

- Беркутенко А. Н. Атлас семян растений Северной Азии. Магадан: ООО «Типография», 2016. 176 с.
- Беркутенко А. Н. Гербарий Института биологических проблем Севера – уникальная коллекция на Северо-Востоке России. Состояние и перспективы развития гербариев Сибири: тезисы докл. конф. Томск, 1997. С. 18–21.
- Беркутенко А. Н., Лысенко Д. С., Хорева М. Г., Мочалова О. А., Полежаев А. Н., Андриянова Е. А., Синельникова Н. В., Якубов В. В. Флора и растительность Магаданской области (конспект сосудистых растений и очерк растительности). Магадан: ИБПС ДВО РАН, 2010. 364 с.
- Беркутенко А. Н., Полежаев А. Н., Хорева М. Г. Информационные ресурсы по флористическому разнообразию севера Дальнего Востока России // Проблема и стратегия сохранения биоразнообразия растительного мира Северной Азии: материалы Всероссийской конференции (Новосибирск, 9–11 сентября 2009 г.). Новосибирск: Офсет, 2009. С. 27–28.
- Беркутенко А. Н., Полежаев А. Н., Хорева М. Г., Мочалова О. А., Сазанова Н. А., Лысенко Д. С. Ботанические коллекции и базы данных, карты и информационные системы по растительности // Вестник Северо-восточного научного центра. 2007. № 2. С. 25–36.
- Красная книга Магаданской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Редкол.: А. В. Кондратьев (предс.) и др. Магадан: Охотник, 2019. 356 с.
- Красная книга Магаданской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. Магадан: Департамент природных ресурсов администрации Магаданской области, ИБПС ДВО РАН, 2008. 430 с.
- Лысенко Д. С. Синантропная флора Магаданской области. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2012. 160 с.
- Мочалова О. А., Хорева М. Г. Типовые образцы сосудистых растений в коллекции Института биологических проблем Севера ДВО РАН (г. Магадан) // Ботан. журн. 2015. Т. 100. № 7. С. 738–744.
- Мочалова О. А., Якубов В. В. Флора Командорских островов. Владивосток, 2004. 120 с.
- Полежаев А. Н., Беркутенко А. Н. Конспект флоры Севера Дальнего Востока России (сосудистые растения). СПб.: СИНЭЛ, 2015. 263 с.
- Сазанова Н. А. Грибы Охотско-Колымского края. Магадан: ИБПС ДВО РАН, 2000. 150 с.
- Сазанова Н. А. Макромицеты Магаданской области. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2009. 196 с.
- Хорева М. Г. Гербарий Института биологических проблем Севера ДВО РАН – традиции и перспективы развития // Инновации и традиции в современной ботанике: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения В. Л. Комарова (Санкт-Петербург, 21–25 октября 2019 г.) (48-е Комаровские чтения). СПб.: БИН РАН, 2019. С. 116.
- Хорева М. Г. Список флоры Магаданской области как информационный ресурс // Проблема и стратегия сохранения биоразнообразия растительного мира Северной Азии: материалы Всероссийской конференции (Новосибирск, 9–11 сентября 2009 г.). Новосибирск: Офсет, 2009. С. 257–259.
- Хорева М. Г. Флора островов Северной Охотии. Магадан: ИБПС ДВО РАН, 2003. 173 с.
- Хохряков А. П. Анализ флоры Колымского нагорья. М.: Наука, 1989. 152 с.
- Хохряков А. П. Флора Магаданской области. М.: Наука, 1985. 397 с.

ZENODO И GBIF: СРАВНЕНИЕ РЕПОЗИТОРИЕВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАБОРОВ ПЕРВИЧНЫХ ДАННЫХ

Чадин И. Ф.

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия

ZENODO AND GBIF: COMPARING REPOSITORIES FOR PUBLISHING PRIMARY DATA SETS

Chadin I. F.

*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia,
ORCID: [0000-0001-6299-2285](https://orcid.org/0000-0001-6299-2285)*

Corresponding e-mail: chadin@ib.komisc.ru

Summary: the paper presents tools for publishing primary data sets: Zenodo repository and Global Biodiversity Information System – GBIF. The features and differences of each system for publishing primary biodiversity data are described.

Keywords: Zenodo, GBIF, open science, data management

Название репозитория Zenodo связано с именем Зенодота Эфесского – библиотекаря, управлявшего знаменитой Александрийской библиотекой, автора первого в истории применения метаданных для описания литературных источников (<https://en.wikipedia.org/wiki/Zenodotus>). Zenodo был создан на средства Европейской комиссии при технической поддержке ЦЕРНа. Сервис позволяет публиковать любые материалы по любым направлениям науки: научные статьи, материалы конференций, презентации докладов, первичные данные. Размер одного набора не должен превышать 50 Гб. Данные, отправленные в Zenodo, могут оставаться доступными только самому публикатору или могут быть открыты для доступа на произвольных условиях, например: доступ с явного разрешения владельца данных, свободный доступ для некоммерческого использования, доступ без ограничений.

После публикации каждому набору данных немедленно присваивается идентификатор цифрового объекта – DOI, который обеспечивает корректное цитирование опубликованных материалов в научной литературе. Предусмотрена функция наложения эмбарго – задания даты, после которой загруженный набор данных станет доступным любым пользователям. После публикации отредактировать сам набор данных уже невозможно, но можно вносить исправления и дополнения в метаданные. С недавнего времени Zenodo стал поддерживать возможность выпуска новых версий своих материалов с присвоением каждой версии отдельного DOI и сохранением специального DOI, относящегося ко всему набору данных. Примером публикации открытого набора данных может служить карта распространения борщевика на территории г. Сыктывкар (Dalke et al., 2018).

В отличие от Zenodo Глобальная информационная система по биологическому разнообразию GBIF является специализированным инструментом, позволяющим не просто публиковать наборы данных, но и интегрировать их, обеспечивая поиск и отображение

информации об интересующем исследователя таксоне живых организмов одновременно по всем опубликованным наборам данных.

Развитие информационных технологий в области биоразнообразия уже давно прошло первый этап разработки отдельных, узконаправленных (по региону или по таксономической группе) баз данных. Прошло второй этап отрицания целесообразности разработки и ведения индивидуальных баз данных, на котором предпринимались попытки интеграции таких баз данных в единую информационную систему. Третий (современный) этап развития этих систем находится в фазе «отрицания отрицания»: разработан единый стандарт обмена данными в области биологического разнообразия Darwin Core (Wieczorek et al., 2012), создано специальное программное обеспечение – Integrated Publishing Toolkit (Robertson et al., 2014) для публикации данных о биоразнообразии в единой информационной системе GBIF, но при этом разработчикам и кураторам индивидуальных баз данных предоставлена полная свобода в выборе технологии сбора, хранения, обработки своих данных. Важно, что в любое время разработчик (куратор) отдельной информационной системы о биоразнообразии может принять решение о публикации части или всех накопленных данных в системе GBIF.

Источником данных для публикации в GBIF могут быть любые хранилища данных: от простых текстовых файлов в формате CSV до реляционных СУБД. Соответствие между внутренним стандартом хранения данных в индивидуальной информационной системе и стандартом Darwin Core устанавливается при помощи процедуры сопоставления (mapping) реализованной в Integrated Publishing Toolkit. Более подробно порядок подготовки и публикации наборов данных по биологическому разнообразию в информационной системе GBIF изложен в работе М. П. Шашкова с соавторами (Шашков и др., 2017).

Благодарности

Публикация подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 20-44-110009-р_а.

Литература

- Шашков М. П., Чадин И. Ф., Иванова Н. В. Методические рекомендации по стандартизации данных для публикации через глобальный портал GBIF.ORG и подготовке статьи о данных // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. Т. 6 (8). № 5. С. 22–36. DOI: [10.1371/journal.pone.0102623](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102623)
- Dalke I., Chadin I., Zakhozhiy I. Distribution of *Heracleum Sosnowskyi* in Syktyvkar City. Vector (Polygon) Dataset in Shapefile // Zenodo dataset. 2018. DOI: [10.5281/zenodo.1203597](https://doi.org/10.5281/zenodo.1203597)
- Robertson T., Döring M., Guralnick R., Bloom D., Wieczorek J., Braak K., Otegui J., Russell L., Desmet P. The GBIF integrated publishing toolkit: facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet // PLoS ONE. 2014. V. 9 (8). e102623. DOI: [10.1371/journal.pone.0102623](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102623)
- Wieczorek J., Bloom D., Guralnick R., Blum S., Döring M., Giovanni R. et al. Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard // PLoS ONE. 2012. V. 7 (1). e29715. DOI: [10.1371/journal.pone.0029715](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715)

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА
ПРИ МОБИЛИЗАЦИИ ДАННЫХ О БИОРАЗНООБРАЗИИ
НА ПРИМЕРЕ КОЛЛЕКЦИИ МОХООБРАЗНЫХ ГЕРБАРИЯ SYKO**

Чадин И. Ф., Шубина Т. П., Железнова Г. В.,
Литвиненко Г. А., Рубцов М. Д.

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия

**THE WAYS TO INCREASE BIODIVERSITY DATA
MOBILIZATION PRODUCTIVITY.
THE CASE OF SYKO HERBARIUM MOSSES COLLECTION**

Chadin I. F.¹, Shubina T. P.², Zheleznova G. V.²,
Litvinenko G. A.², Rubtsov M. D.²

¹*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Russia,
ORCID: 0000-0001-6299-2285*

²*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Russia*

Corresponding e-mail: chadin@ib.komisc.ru

Summary: Entering data from labels is basically manual labour and therefore, we have applied to it the well-known Frederick Taylor principles of increasing the productivity of manual labour. Implementation of these principles for increasing of biodiversity data mobilization productivity presented.

Keywords: GBIF, data mobilization, digitalization, mosses, database, frontend, labels, herbarium

Настоящая статья посвящена вопросам оптимизации процесса оцифровки информации, содержащейся на этикетках единиц хранения биологических коллекций, на примере этикеток коллекции мохообразных гербария Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (SYKO).

Последовательность оцифровки данных этикеток: 1) получение цифровых изображений этикеток; 2) подготовка цифровых изображений этикеток (обрезка, повышение контрастности, отбраковка испорченных изображений (не в фокусе, неверно/неточно обрезанных); 3) расшифровка (ввод в базу данных) сведений, содержащихся на этикетке.

Для оцифровки изображений этикеток мы использовали самодельную сканирующую систему, на основе цифрового фотоаппарата (смартфона), штатива, позволяющего надежно закрепить фотоаппарат на нужной высоте, и двух источников освещения, позволяющих создать равномерное освещение рабочей зоны. Для обработки полученных изображений (кадрирования, повышения контраста) мы использовали пакет ImageMagick (<https://imagemagick.org>). Обработанные изображения загружались в базу данных путем копирования файлов в каталог, определяемый настройками программы, отвечающей за взаимодействие с базой данных, и внесения записей в саму базу данных с помощью серии однотипных инструкций на языке SQL.

Превосходно продуманная система публикации данных в GBIF (www.gbif.org) с помощью программы Integrated Publishing Toolkit (www.gbif.org/ipt) не ограничивает всех, кто готовит свои данные к публикации, в выборе формата хранения исходных данных, и позволяет публиковать данные, хранящиеся в текстовых файлах в формате CSV, в электронных таблицах формата MS Excel, в реляционных базах данных (путем задания запросов к ним на языке SQL).

Для максимально эффективной организации работы по вводу данных (оцифровки) с гербарных этикеток мы считаем необходимым использование той или иной реляционной системы управления базами данных (далее по тексту рСУБД). Использование рСУБД с интерфейсом, позволяющим работать с ней посредством интернет-браузера, дает неограниченные возможности по оптимизации работы операторов и минимизирует требования к рабочим местам операторов до любого компьютера, который может обеспечить выход в сеть Интернет и запуск интернет-браузера на нем. Для применения рСУБД необходима разработка структуры базы данных, ее реализация (создание с помощью средств рСУБД файла/файлов, обеспечивающих работу базы данных) и разработка программы, обеспечивающей удобное взаимодействие с рСУБД (интерфейса к базе данных). Для ведения биологических коллекций разработаны и доступны для свободного или ограниченного использования готовые программные продукты, например Specify (www.sustain.specifysoftware.org), EarthCape (<https://earthcape.com>).

Недостатком готовых решений являются ограниченные возможности по оптимизации процесса ввода данных, требующие оперативной перестройки интерфейса. В связи с этим мы решили самостоятельно разработать структуру базы данных и создать собственное приложение для ввода сведений в нее. Для упрощения (ускорения) процесса разработки мы использовали каркас (фреймворк) для веб-приложений Django (djangoproject.com).

Информация, содержащаяся на этикетках, может быть разделена на три группы, в зависимости от скорости (простоты) их оцифровки и их важности для описания находки вида. Группа 1 (важная информация, легко поддается расшифровке): дата сбора; название вида; имена коллекторов; имена детерминаторов; каталожный номер. Данные группы 1 короткие, легко распознаются подготовленным оператором, часто повторяются, и для их ввода можно использовать словари. Группа 2 (важная информация, требует значительного времени на расшифровку): географические координаты места сбора. Группа 3 (относительно менее важная информация, требующая значительного времени на расшифровку): описание местообитания; текстовое описание географического положения места сбора; дополнительные данные.

Поскольку работа по оцифровке этикеток преимущественно выполняется вручную, то к данному процессу применимы принципы научной организации труда, разработанные в начале XX века Фредериком Тейлором: разделение процесса на элементарные операции; подбор оптимальных инструментов для выполнения каждой операции; разделение труда (специализация работников на одном типе операций); планирование объемов выработки каждым работником; немедленная демонстрация каждому работнику объема выполненной им работы. После наблюдения за работой операторов, вводивших данные, мы решили разделить ввод и проверку данных на серию специализированных форм.

Формы для ввода данных:

Форма 1. Ввод даты и каталожного номера этикетки;

Форма 2. Ввод названий видов (с возможностью копировать данные из предыдущей этикетки);

Форма 3. Ввод имен коллекторов и детерминаторов (с возможностью копировать данные из предыдущей этикетки);

Формы 4–8. Набор форм для упрощения ввода географических координат (за счет группировки этикеток, собранных в близкие даты одним коллектором);
Форма 9. Ввод субстратов, на которых были собраны образцы;
Форма 10–14. Набор форм для упрощения ввода описаний местообитаний (за счет группировки этикеток, собранных в близкие даты одним коллектором);
Формы для контроля введенных данных;
Форма 11. Контроль корректности ввода дат и каталожного номера;
Форма 12. Контроль корректности ввода названий видов, имен коллекторов и детерминаторов.

К сожалению, из-за отсутствия в разработанной нами системе функции автоматического ведения журнала операций, производимых всеми пользователями, мы не можем привести точно измеренные сведения о повышении производительности труда по оцифровке этикеток. Грубая оценка показывает, что внедрение описанных выше приемов позволило повысить скорость ввода этикеточных данных не менее чем в 2 раза по сравнению с классической организацией такой работы. Данная оценка основана на измерениях скорости обработки этикеток, которую мы проводили при планировании работы по выполнению проекта, поддержанного Секретариатом GBIF Russia2019_04: Мобилизация данных о находках мхов Европейского Северо-Востока России на основе коллекции мхов гербария SYKO (<https://www.gbif.org/project/5ZsAifyI6z0OguyoNTFIu/mobilizing-moss-occurrences-from-the-komi-science-centre-herbarium>). Согласно проведенным нами измерениям за время, выделенное на реализацию проекта (февраль-август 2019 года), команда из 5 операторов смогла бы оцифровать 8 000 этикеток по основным полям данных (название вида, дата сбора, каталожный номер, имена коллекторов, детерминаторов, географические координаты места находки). Фактически над вводом данных (включая этап получения цифровых изображений этикеток) работали 4 человека, и за указанный период они смогли оцифровать более 16 000 этикеток по основным полям (указаны выше), и для более чем 6 000 этикеток были введены названия субстратов и описания местообитаний находок мхов.

Разработанная нами информационная система для оцифровки этикеток разрабатывалась параллельно интенсивной работе по вводу данных. Она содержит значительное количество недоработок, прежде всего, связанных с обеспечением информационной безопасности. Система требует изменения дизайна, оптимизации его для работы на устройствах с разным размером экрана. Функциями, внедрение которых позволит обеспечить дополнительное повышение производительности труда, являются: 1) индивидуальный учет результатов труда каждого пользователя; 2) возможность устанавливать индивидуальные задания каждому из операторов на один рабочий день, на неделю, на месяц; 3) на формах, отвечающих за ввод наименований субстратов и местообитаний, демонстрировать оператору 5–10 последних введенных значений и/или 5–10 наиболее часто встречающихся значений с возможностью их копирования в поля ввода данных.

Таким образом, в настоящей работе продемонстрированы приемы повышения производительности ручного труда при создании электронных каталогов биологических коллекций. Считаем, что настоящая работа может быть использована для подготовки технических заданий на разработку аналогичных информационных систем. Исходные коды информационной системы, включая описание структуры базы данных (файл «labels/models.py»), опубликованы для свободного использования в репозитории Zenodo (<https://zenodo.org/record/3385382#.XW9Wq6VS9hE>, <https://doi.org/10.5281/zenodo.3385382>). Демонстрация работы системы в форме доклада на вебинаре доступна для просмотра: <https://youtu.be/IMs6k8PUrN8>.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта, поддержанного Секретариатом GBIF Russia2019_04: Мобилизация данных о находках мхов Европейского Северо-Востока России на основе коллекции мхов гербария SYKO (<https://www.gbif.org/project/5ZsAifyI6z0OguyoNTFIu/mobilizing-moss-occurrences-from-the-komi-science-centre-herbarium>). Публикация подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 20-44-110009-р_а.

ПОДГОТОВКА ЧЕК-ЛИСТА ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ АЗИАТСКОЙ РОССИИ

Чепинога В. В.^{1,2}, Баркалов В. Ю.³, Князев М. С.⁴, Эбель А. Л.⁵

¹*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия*

²*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*

³*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток, Россия*

⁴*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

⁵*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

PREPARING OF THE CHECK-LIST OF VASCULAR PLANTS OF THE ASIAN RUSSIA

Chepinoga V. V.¹, Barkalov V. Yu.², Knyazev M. S.³, Ebel A. L.⁴

¹*Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

ORCID: [0000-0003-3809-7453](https://orcid.org/0000-0003-3809-7453)

²*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

³*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia*

⁴*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia,*

ORCID: [0000-0002-7889-4580](https://orcid.org/0000-0002-7889-4580)

Corresponding e-mail: Victor.Chepinoga@gmail.com

Summary: the last compendium where vascular plants of Asian Russia were listed published in 2012. Currently, this edition is out of date and requires updating. We have prepared the preliminary version of such a checklist. We accept modern taxonomy at family and genus levels. At the species level, we follow the monotypic concept, i.e. all subspecies are considered at species rank. To date, the checklist contents 8 191 species and 352 hybrids from 1 177 genera and 159 families. 3 150 species were assigned to 1 079 aggregates. The preparation of the checklist continues. More than 40 Russian taxonomists have been involved in the project. The checklist is planned to be published at the end of 2020.

Keywords: vascular plants, Asian Russia, monotypic species conception, species aggregates

Несмотря на то что Россия официально относится к европейским странам, почти 77 % территории нашей страны всё же расположено в пределах Азиатского субконтинента. Это более 13 млн км², или одна треть площади Азии в целом. Поэтому познание разнообразия растений Азиатской России (АР) исключительно важно не только для России, но и для континента в целом. В 2012 г. был опубликован «Конспект флоры Азиатской России» (2012), где проведено объединение таксономий двух главных региональных изданий последних десятилетий, это «Флора Сибири» (1987–2003) и «Сосудистые растения советского Дальнего

Востока (1985–1996). Для AP приведен 6961 вид и подвид сосудистых растений из 191 семейства. С тех пор прошло восемь лет и нужно признать, что конспект в значительной степени устарел (описаны и выявлены новые виды, произошли изменения в таксономии и номенклатуре и т.п.). В течение последних двух лет, в ходе сотрудничества с китайскими учеными в рамках проекта MAP (Mapping Asia Plants; Ma, 2017), была собрана информация из региональных флористических сводок и определителей, изданных в последние 20 лет. Оставалось только дополнить новыми данными перечень видов, который приводился в Конспекте... (2012). Так появилась идея составить чек-лист флоры AP.

Чтобы чек-лист был полезен как можно более широкому кругу пользователей, он должен соответствовать принципу универсальных таксономических списков, т.е. содержать информацию обо всех таксонах, входящих в состав растительных сообществ (Jansen, Dengler, 2010). Поэтому, кроме местных (индигенных) видов и гибридов, в конспекте учитываются адвентивные (заносные) и многолетние культивируемые растения. Основной упор в чек-листе делается на перечне видов, поэтому для характеристики их распространения использованы те же 13 районов/провинций, что и в Конспекте... (2012). Конечно, это очень упрощенная схема, но она позволяет учитывать и дополнять уже имеющиеся в конспекте данные, а сам чек-лист оформить в более эргономичном табличном формате с указанием нативности видов по провинциям. Другая проблема, это проведение западного рубежа AP. Известно, что граница между Европой и Азией – это понятие скорее политическое, нежели географическое, и существуют разные варианты расположения. Поскольку индивидуальные пользователи и сотрудники природоохранных структур мыслят скорее административными, а не природными рубежами, было решено ограничить территорию AP Уральским, Сибирским и Дальневосточным федеральными округами. Так, по сравнению с «Флорой Сибири» (1987–2003) и Конспектом... (2012), добавились Свердловская и Челябинская области.

Объем семейств принят по новейшим (филогенетическим) системам сосудистых споровых (PPG I; Schuettpelz et al., 2016), голосеменных (Christenhusz et al., 2011) и цветковых растений (APG IV; Chase et al., 2016). Объем родов принят по глобальной информационной системе Catalogue of Life (CoL; <http://www.catalogueoflife.org>). CoL – это всеобъемлющая глобальная база данных, включающая все группы организмов. Она регулярно обновляется из 170 таксономических баз данных и соответствует современному уровню развития таксономии. Если объем родов и семейств еще можно заимствовать из авторитетной глобальной базы, то объем видов – это, скорее, дело региональных экспертов. Именно виды являются основным объектом исследований флористов, геоботаников, экологов. Возможно, в масштабе всей планеты нет смысла выделять какие-то региональные расы как самостоятельные таксоны. Однако они могут быть эффективным и полезным инструментом для выявления региональных особенностей флоры и растительности, региональных темпов формообразования и т.п., поэтому по объему видов было решено учитывать мнение региональных экспертов – систематиков, флористов, геоботаников. Конечно, нужно принимать во внимание результаты современных таксономических исследований и филогенетических реконструкций. Но далеко не по всем группам подобные работы проведены с активным вовлечением материала из России.

В чек-листе последовательно используется монотипическая концепция вида (Комаров, 1927; Юзепчук, 1958). Подвиды и ряд разновидностей, описанные не как экологические формы, а как региональные расы, приняты в ранге вида. Отказ от внутривидовых рангов позволяет сделать номенклатуру более простой, биномиальной, что, собственно, и было введено К. Линнеем. Если региональная раса заслуживает самостоятельности, и ее отличает от прочих не только автор таксона, такая раса принимается в ранге вида. Близкородственные и

трудноразличимые виды объединены в агрегаты (aggregates; Manton, 1958). Практичность использования агрегатов показана как зарубежными (напр., Ehrendorfer, 1973; Danihelka et al., 2012), так и отечественными (Цвелев, 1992; Тупицына, 2004; Цвелев, Пробатова, 2019; и др.) исследователями. В один агрегат попадают в первую очередь виды, различение которых для среднестатистического исследователя затруднено в полевых условиях. Агрегаты также указывают на то, какие виды можно объединить при составлении сводных таблиц геоботанических описаний, если принятый объем видов в описаниях различен.

Кроме названий видов, их семейственной принадлежности и распространения по 13 флористическим провинциям, в чек-листе будет отмечено соответствие принятых названий с таковыми в CoL и The Plant List (<http://www.theplantlist.org>). Последний ресурс планируется заменить на одну из более современных баз – POWO (Plants of the World online; <http://powo.science.kew.org>) или WCVP (The World Checklist of Vascular Plants; <https://wcvp.science.kew.org>). Для ряда видов будут указаны синонимы в упрощенном формате написания (без приведения авторов). Также будут отмечены виды эндемичные для Азиатской России и виды, включенные в Красную книгу Российской Федерации (2008). Основная работа по подготовке исходной таблицы и проверке ее содержания была выполнена авторами данного сообщения. После этого было привлечено более 40 отечественных специалистов-систематиков, которые взялись за проверку и доработку своих групп растений. На данный момент в чек-лист включено 159 семейств, 1 177 родов, 8 191 вид и 352 гибрида. Выделено 1 079 агрегатов, к которым отнесено 3 150 видов. Работа продолжается. При условии оперативности предполагается опубликовать чек-лист в конце 2020 года.

Возможно, готовящийся чек-лист окажется последним подобного рода конспектом, который представлен только печатной версией. В настоящее время активизировалось обсуждение проекта «Флора России». Инициативной группой на платформе iNaturalist создан проект «Флора России» (СерEGIN и др., 2020) при котором за год было собрано 220 тыс. фотонаблюдений по 5 689 видам сосудистых растений. Мы уверены, что в современных условиях лавинообразно увеличивающегося объема данных (и главное – открытого доступа к информации), единственным реализуемым на должном уровне вариантом подобной работы является флора, создаваемая online. Печатная «Флора России» будет лишь твердой версией одного из фиксированных релизов. Но на данный момент чек-лист Азиатской России необходим не только потому, что все прочие списки видов устарели, а потому, что это наша позиция по объему видов, которые часто просто сведены в синонимы в мировых базах. Нужно позиционировать и отстаивать свою точку зрения.

Благодарности

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 19-54-53014, 20-45-380009, 20-44-420007).

Литература

- Комаров В. Л. Флора полуострова Камчатки. Л.: Изд-во АН СССР, 1927. Т. 1. 339 с.
Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения. Под ред. С. К. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
Красная книга Российской Федерации: растения и грибы. Отв. ред. Ю. П. Трутнев. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
СерEGIN А. П., Бочков Д. А., Шнер Ю. В. и др. «Флора России» на платформе iNaturalist: большие данные о биоразнообразии большой страны // Журнал общей биологии. 2020. Т. 81. № 3. С. 223–233. DOI: [10.31857/S0044459620030070](https://doi.org/10.31857/S0044459620030070)

- Сосудистые растения советского Дальнего Востока: в 8 т. Под ред. С. С. Харкевича. Л.: Наука, 1985–1996.
- Тупицына Н. Н. Ястребинки Сибири. Новосибирск: Наука, 2004. 208 с.
- Флора Сибири: в 14 т. Под ред. Л. И. Малышева и др. Новосибирск: Наука, 1987–2003.
- Цвелев Н. Н. Одуванчик – *Taraxacum* Wigg. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 6. Отв. ред. С. С. Харкевич. СПб.: Наука, 1992. С. 356–409.
- Цвелев Н. Н., Пробатова Н. С. Злаки России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 646 с.
- Юзепчук С. В. Комаровская концепция вида, ее историческое развитие и отражение во «Флоре СССР» // Проблема вида в ботанике. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. Т. 1. С. 130–204.
- Chase M. W., Christenhusz M. J. M., Fay M. F. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Bot. Journal of the Linnean Society. 2016. V. 181. P. 1–20.
- Christenhusz M., Reveal J., Farjon A., Gardner M. F., Mill R. R., Chase M. W. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms // Phytotaxa. 2011. V. 19. P. 55–70.
- Danihelka J., Chrtek J. Jr., Kaplan Z. Checklist of vascular plants of the Czech Republic // Preslia. 2012. V. 84. P. 647–811.
- Ehrendorfer F. (ed.). List der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Ed. 2. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1973.
- Jansen F., Dengler J. Plant names in vegetation databases – a neglected source of bias // Journal of Vegetation Sciences. 2010. V. 21. P. 1179–1186.
- Ma K. Mapping Asia Plants: a cyberinfrastructure for plant diversity in Asia // Biodiversity Science. 2017. V. 25. Iss. 1. P. 5–10. (in Chinese).
- Manton I. The concept of the aggregate species // Systematics of today. Uppsala, 1958. P. 104–112.
- Schuettpelz E., Schneider H., Smith A. R., Hovencamp P., Prado J. et al. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns // Journal of Systematics and Evolution. 2016. V. 54. Iss. 6. P. 563–603.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОРФОМЕТРИИ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ
В СЕМЕЙСТВЕ DOLICHOPODIDAE (DIPTERA)**

Чурсина М. А.

*Воронежский государственный педагогический университет,
Воронеж, Россия*

**THE USE OF METHODS OF GEOMETRIC MORPHOMETRY
OF STUDYING OF EVOLUTION TRENDS
IN THE FAMILY DOLICHOPODIDAE (DIPTERA)**

Chursina M. A.

*Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia,
ORCID: [0000-0001-8213-3015](https://orcid.org/0000-0001-8213-3015)*

Corresponding e-mail: chursina.1988@list.ru

Summary: a comparative analysis was conducted on 70 species belonging to 27 genera of eleven subfamilies of the family Dolichopodidae for estimating relationships between shape characters and phylogeny. Wing shape was investigated by using the geometric morphometric technique. Nine morphometric characters of the legs and three morphometric characters of antennae were measured. The comparative analysis allowed for the determination of the evolutionary trends in the family and undertaking a character polarity of morphometric characters.

Keywords: Diptera, Dolichopodidae, форма крыла, геометрическая морфометрия, филогенетический сигнал

Введение

Геометрическая морфометрия является перспективным подходом для изучения как биоразнообразия, так и выделения эволюционных тенденций, поскольку благодаря большой чувствительности метода достигается возможность выделения даже небольших различий в форме. Чаще всего методы геометрической морфометрии используются с целью выделения различий между морфологически сходными видами (Francuski et al., 2009; Johansson et al., 2009). Кроме того, изучение различий в форме позволяет оценить вероятные эволюционные тенденции в формировании той или иной морфологической черты строения.

Целью нашего исследования является изучение изменчивости признаков формы крыла, ног и антенн видов семейства Dolichopodidae. Модификации ног, крыльев и антенн самцов широко используются в качестве признаков для определения видов, а также для изучения филогении семейства Dolichopodidae. Однако в ряде случаев сходные проявления признаков полового диморфизма демонстрируют неблизкородственные виды, что может являться результатом конвергентной эволюции.

Подробный анализ фенотипической вариации комплекса признаков может помочь в таксономических исследованиях, а понимание направления отбора важно для построения филогенетических схем и изучения эволюционных тенденций. Кроме того, такой анализ поможет ответить на вопрос, существует ли наследственный механизм, обуславливающий

возникновение комплекса сходных состояний признаков у неблизкородственных видов (например, обуславливает ли наличие выростов на ногах изменение формы крыла), или же отдельные признаки эволюционируют независимо друг от друга.

Обобщение всех данных морфометрии позволит создать базу данных о морфометрических характеристиках видов и установить внутривидовые диапазоны их изменчивости. Данная база может быть использована в дальнейшем для таксономической диагностики двукрылых семейства, сложных для идентификации традиционными методами, выделения и описания новых таксонов и изучения морфометрических признаков на различных таксономических уровнях.

Материалы и методы

На данный момент нами проанализированы формы крыльев, ног и антенн более семи тысяч экземпляров двукрылых, принадлежащих 70 видам из 27 родов одиннадцати подсемейств Dolichopodidae. В анализ включены представители следующих родов: *Argyra* Macquart, 1834; *Campsicnemus* Haliday, 1851; *Chrysotus* Meigen, 1824; *Diaphorus* Meigen, 1824; *Dolichopus* Latreille, 1796; *Gymnopternus* Loew, 1857; *Hercostomus* Loew, 1857; *Hydrophorus* Fallen, 1823; *Medetera* Fischer von Waldheim, 1819; *Nematoproctus* Loew, 1857; *Neurigona* Rondani, 1856; *Poecilobothrus* Mik, 1878; *Rhaphium* Meigen, 1803; *Sciapus* Zeller, 1842; *Sybistroma* Meigen, 1824; *Sympycnus* Loew, 1857; *Syntormon* Loew, 1857; *Teuchophorus* Loew, 1857; *Xanthochlorus* Loew, 1857.

Для изучения формы крыла использовались методы геометрической морфометрии. Форма крыла была описана с помощью координат 9 гомологичных ландмарок, расположенных на пересечении жилок друг с другом и краем крыла. Двумерные декартовы координаты ландмарок были оцифрованы по фотографиям с помощью программ tpsUtil и tpsDig. Далее файлы TPS были обработаны в программе MorphoJ (Klingenberg, 2011): конфигурации ландмарок масштабировали, выравнивали и поворачивали таким образом, чтобы расстояние между ландмарками всех образцов стало минимальным (Zelditch et al., 2004). Полученный в результате новый набор переменных (Прокрустовых координат) использовался для дальнейшего статистического анализа методами многомерной статистики.

Девять признаков ног и три признака антенн были измерены в программе ImageJ: длины переднего, среднего и заднего бедер, передней, средней и задней голеней, первого членика передней, средней и задней лапок; длина постпедицеля и его высота у основания, а также длина аристы.

Анализ главных компонент (PCA) был проведен для выделения основных компонент межвидовой изменчивости. Для того чтобы количественно оценить различия в форме крыла между группами, было рассчитано Прокрустово расстояние между средними формами. Для того чтобы проанализировать взаимосвязь между родством таксонов и морфометрическими расстояниями, были произведены сопоставления морфометрических данных с филогенетическим деревом, построенным на основании молекулярных признаков (последовательности митохондриального гена, кодирующего белок цитохром-С-оксидазу (COI). Для того чтобы оценить филогенетический сигнал размера крыла и отдельных признаков формы, была использована мера лямбда Пагеля (Pagel, 1999).

Результаты и их обсуждение

Изучение морфометрических признаков крыла долихоподид продемонстрировало, что его форма, размер, а также взаиморасположение жилок являются филогенетически информативными признаками. Различия в форме крыла играют большую роль в разделении подсемейств и родов, чем в разделении близкородственных видов. Такие признаки, как

взаиморасположение вершин третьей радиальной и медиальной жилок, изменение длины первой радиальной и изменение расположения задней поперечной жилок являются наиболее значимыми различиями между подсемействами.

Однако в развитии формы крыла долихоподид заметную роль играет конвергентная эволюция. Близкими в пространстве форм являются таксоны, не имеющие общего эволюционного предка. Так, близкими в пространстве форм оказались неблизкородственные таксоны: виды *Sciarodinae*, *Medeterinae* и *Hydrophorinae*. Для представителей данных подсемейств характерна удлинённая форма крыла со смещённой дистально задней поперечной жилкой и сходящимися к вершине крыла третьей радиальной и медиальной жилками; форма крыльев хоть и сформирована различными способами, но предоставляет сходные аэродинамические характеристики крыльев.

Анализ изменчивости морфометрических признаков ног долихоподид продемонстрировал, что значимые различия между большинством подсемейств отсутствуют, однако по данным признакам существуют различия между родами, могут быть достоверно выделены некоторые тенденции изменчивости. Большая часть вариации между подсемействами включала в основном изменчивость относительной длины первых члеников лапок. При этом наибольшая изменчивость была характерна для относительной длины первого членика средних лапок. Вторая тенденция описывает изменчивость признаков относительной длины среднего и заднего бедер.

Выделяются три основных направления изменчивости: удлинение средних и задних бедер и укорачивание средних лапок (крайним проявлением подобной тенденции в семействе являются виды *Hydrophorus*); удлинение средних и задних бедер и удлинение лапок (наиболее яркими примерами проявления данной тенденции являются виды подсемейств *Neurigoninae* и *Sciarodinae*); укорачивание средних и задних бедер и удлинение средних лапок (третье направление изменчивости приводит к формированию передних, средних и задних бедер сходной длины).

Заключение

Обнаруженные различия в морфометрических признаках у близкородственных видов могут быть результатом более быстрого развития в ответ на давление полового отбора, которое приводит к меньшему проявлению филогенетического сигнала. Однако, несмотря на ряд исключений, значительное согласование филогении *Dolichopodidae* с данными формы крыла указывает на ценность признаков крыла для совершенствования системы семейства.

Литература

- Francuski Lj., Ludoski J., Vujić A., Milankov V. Wing geometric morphometric inferences on species delimitation and intraspecific divergent units in the *Merodon ruficornis* group (Diptera, Syrphidae) from the Balkan Peninsula // Zoological Science. 2009. V. 26. P. 301–308. DOI: [10.2108/zsj.26.301](https://doi.org/10.2108/zsj.26.301)
- Johansson F., Söderquist M., Bokma F. Insect wing shape evolution: independent effects of migratory and mate guarding flight on dragonfly wings // Biological journal of the Linnean Society. 2009. V. 97. P. 362–372. DOI: [10.1111/j.1095-8312.2009.01211.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01211.x)
- Klingenberg C. P. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics // Molecular Ecology Research. 2011. V. 11. P. 353–357. DOI: [10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x](https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x)
- Pagel M. Inferring the historical patterns of biological evolution // Nature. 1999. V. 401. P. 677–884.
- Zelditch M. L., Swiderski D. L. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer. London: Elsevier Academic Press, 2004. 437 p. DOI: [10.1016/B978-012778460-1/50003-X](https://doi.org/10.1016/B978-012778460-1/50003-X)

**ЗНАЧЕНИЕ ГЕРБАРНОЙ КОЛЛЕКЦИИ
ВЯТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
В ИЗУЧЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Шабалкина С. В., Пересторонина О. Н.,
Негодина В. С., Пакеева А. Э., Лийман В. В.

Вятский государственный университет, Киров, Россия

**VALUE OF THE HERBARIUM COLLECTION
VYATKA STATE UNIVERSITY IN THE STUDY
OF BIODIVERSITY KIROV REGION**

Shabalkina S. V.¹, Perestoronina O. N.²,
Negodina V. S.³, Pakeeva A. E.³, Liyman V. V.³

¹*Vyatka State University, Kirov, Russia,*
ORCID: [0000-0002-6157-1312](#),

²*Vyatka State University, Kirov, Russia,*
ORCID: [0000-0002-1051-2195](#)

³*Vyatka State University, Kirov, Russia*

Corresponding e-mail: Nasturtium2017@yandex.ru

Summary. The work describes the representation of rare plant species of the Kirov region in the herbarium collection of the Department of Biology and Methods of Biology Education of Vyatka State University. As of January 15, 2020, it has 62 species from 3 classes and 24 families. The families Ranunculaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae, Lamiaceae, Asteraceae, Orchidaceae and Poaceae are most fully represented by the number of Red Book species.

Keywords: biodiversity, herbarium collection, Red Book, rare species

На протяжении веков гербарные коллекции служат незаменимой основой для проведения научных исследований в области систематики, морфологии, анатомии, экологии, географии растений и ботанического ресурсоведения, также хранят историческую и краеведческую информацию, важны в природоохранной и просветительской работе. В настоящее время в связи с общим признанием проблемы истощения растительных ресурсов, гербарии приобрели приоритетное значение достоверного и проверяемого источника о состоянии и динамике биоразнообразия. Немаловажную роль для изучения этих вопросов имеют региональные, локальные и специальные гербарии и гербарные коллекции.

Гербарная коллекция кафедры биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета (ВятГУ) в настоящее время насчитывает более 20 000 образцов высших сосудистых растений и лишайников, включает научный и учебный отделы, специализированный гербарий из особо охраняемых природных территорий Вятского края (Пересторонина, Шабалкина, 2013). В 2010 г. на кафедре начато создание виртуального гербария по семействам в пределах отделов (Пересторонина и др., 2017). Одновременно с этим анализируется состав коллекции по числу экземпляров каждого вида, году и местам сбора,

коллекторам (Конева, Шабалкина, 2016; Кошурникова, Пересторонина, 2018; Шабалкина, Смирнова, 2018). В этом сообщении освещаются итоги инвентаризации редких видов Tracheophyta в гербарной коллекции ВятГУ.

В первое издание Красной книги Кировской области (2001) внесены 84 вида растений, в том числе из класса Polypodiopsida – семь видов, Equisetopsida – один вид, Liliopsida – 32 вида, Magnoliopsida – 44 вида. Во второе издание включено 98 видов растений (Красная книга..., 2014). Polypodiopsida пополнился одним видом, у Liliopsida исключили один таксон из семейства Poaceae, но включили один вид Cyperaceae и четыре вида Orchidaceae. Из Magnoliopsida внесены 53 вида, при этом по сравнению с предыдущим изданием Красной книги (2001) исключены три таксона, а добавлены – 12. В гербарной коллекции ВятГУ хранятся образцы 62 редких видов растений (63.3 % от числа видов, внесенных в Красную книгу региона). Ниже представлен список семейств с видами:

- 1) Botrychiaceae: *Botrychium virginianum* (L.) Sw., *Botrychium lanceolatum* (S. G. Gmel.) Angstr.;
- 2) Aspidiaceae: *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm.;
- 3) Aspleniaceae: *Asplenium ruta-muraria* L.;
- 4) Salviniaceae: *Salvinia natans* (L.) All.;
- 5) Nymphaeaceae: *Nymphaea tetragona* Georgi.;
- 6) Ranunculaceae: *Anemone sylvestris* L., *Adonis vernalis* L., *Adonis sibirica* Patr. ex Ledeb., *Pulsatilla flavescens* (Zuccar.) Juz., *Thalictrum aquilegifolium* L.;
- 7) Caryophyllaceae: *Dianthus borbasii* Vandas, *Dianthus arenarius* L., *Dianthus fischeri* Spreng., *Gypsophila paniculata* L., *Silene borysthena* (Grun.) Walters.;
- 8) Brassicaceae: *Schivereckia podolica* (Bess.) Andr. ex DC.;
- 9) Ericaceae: *Calluna vulgaris* (L.) Hull.;
- 10) Empetraceae: *Empetrum nigrum* L. (incl. *E. hermaphroditum* Hagerup);
- 11) Primulaceae: *Cortusa matthioli* L.;
- 12) Saxifragaceae: *Saxifraga hirculus* L.;
- 13) Rosaceae: *Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht., *Filipendula vulgaris* Moench.;
- 14) Fabaceae: *Trifolium lupinaster* L.;
- 15) Geraniaceae: *Geranium sanguineum* L.;
- 16) Apiaceae: *Eryngium planum* L., *Sanicula giraldii* H. Wolff.;
- 17) Gentianaceae: *Gentiana pneumonanthe* L.;
- 18) Lamiaceae: *Galeobdolon luteum* Huds., *Nepeta pannonica* L., *Thymus marschallianus* Willd.;
- 19) Campanulaceae: *Campanula bononiensis* L.;
- 20) Asteraceae: *Centaurea sumensis* Kalen., *Eupatorium cannabinum* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb., *Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop., *Serratula coronata* L.;
- 21) Liliaceae: *Lilium martagon* L. (incl. *L. pilosiusculum* (Freyn) Misch.);
- 22) Orchidaceae: *Cypripedium calceolus* L., *Cypripedium guttatum* Sw., *Hammarbya paludosa* (L.) O. Kuntze, *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Calypso bulbosa* (L.) Oakes, *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Corallorhiza trifida* Chatel., *Epipogium aphyllum* Sw., *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova, *Dactylorhiza majalis* (Reichenb.) P. F. Hunt et Summerhayes, *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo', *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soo' s. l., *Coeloglossum viride* (L.) C. Hartm., *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., *Listera cordata* (L.) R. Br., *Orchis militaris* L.;

23) Cyperaceae: *Carex capitata* L., *Carex flava* L., *Baeothryon alpinum* (L.) Egor.;

24) Poaceae: *Stipa pennata* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv., *Schizachne callosa* (Turcz. ex Griseb.) Ohwi, *Koeleria glauca* (Spreng.) DC. s. l.

Наиболее полно по числу краснокнижных видов, не включая одновидовые, представлены семейства Ranunculaceae и Caryophyllaceae (по 5 видов из 6), Apiaceae (2 вида из 3), Lamiaceae (3 вида из 4), Asteraceae (100 %), Orchidaceae (17 видов из 20), Poaceae (4 вида из 6).

По состоянию на 15 января 2020 г. в гербарной коллекции насчитывается 334 смонтированных экземпляра редких видов. По числу сборов преобладают *Dactylorhiza maculata* (46 образцов), *Filipendula vulgaris* (32), *Empetrum nigrum* (32), *Gymnadenia conopsea* (21), *Calluna vulgaris* (14), *Jurinea cyanooides* (14), *Dianthus arenarius* (13), *Calypso bulbosa* (12), *Dianthus borbasii* (12), *Adonis vernalis* (9).

Гербарные образцы документируют преимущественно флору Кировской области. Тем не менее, имеются сборы с территорий других стран (Грузия, Италия, Латвия, Украина, Финляндия) и регионов России (полуостров Ямал, республики Карелия, Коми и Татарстан, Ленинградская область).

Пополнение гербарной коллекции происходит в течение длительного времени. Первые сборы редких видов растений датируются 1860 г.: *Empetrum nigrum*, *Gymnadenia conopsea*, *Neottia nidus-avis*, *Carex flava*, *Koeleria glauca*. Поздние поступления были в 2018 г.

По результатам полевых исследований появляются новые сведения о распространении видов в Кировской области. Так, например, ежегодное (с 2000 г.) изучение биоты памятника природы «Медведский бор» сотрудниками кафедры биологии и методики обучения биологии не выявило наличие *Helichrysum arenarium* на его территории, тогда как в гербарной коллекции имеются образцы, датированные 1961 и 1969 годами. Работа в рамках создания перспективной схемы развития особо охраняемых природных территорий Кировской области (2008 г.) показала отсутствие этого же вида в Шабалинском районе, несмотря на наличие сборов 1964 г.

Таким образом, гербарная коллекция ВятГУ является не только надежным хранилищем, но и, благодаря пополнениям сборами растений, динамичным и постоянно обновляющимся источником информации о биоразнообразии. Поэтому необходима дальнейшая планомерная работа по совершенствованию самой коллекции и электронной базы на ее основе для максимального использования имеющихся фондов, сохранения образцов, инвентаризации и систематизации материала, расширения научного контакта с коллегами сопредельных территорий.

Литература

- Конева Е. С., Шабалкина С. В. Семейство Ranunculaceae в научном отделе гербарной коллекции кафедры биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета // Экологические и социальные проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Улан-Удэ, 25–26 мая 2016 г.). Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2016. С. 76–80.
- Кошурникова А. И., Пересторонина О. Н. Семейство Caryophyllaceae в гербарной коллекции Вятского государственного университета // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2 (г. Киров, 3–5 декабря 2018 г.). Киров: ВятГУ, 2018. С. 69–72.
- Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Отв. ред. Л. И. Добринский, Н. С. Корытин. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2001. 288 с.
- Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Под ред. О. Г. Барановой и др. 2-е изд. Киров: Кировская областная типография, 2014. 336 с.

- Пересторонина О. Н., Шабалкина С. В. Роль гербарной коллекции в ботаническом образовании высшей школы // Сибирский педагогический журнал. 2013. № 4. С. 160–164.
- Пересторонина О. Н., Шабалкина С. В., Михайлова Е. А. О создании базы данных Гербария Вятского государственного университета // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях: тезисы докладов Междунар. науч.-практ. конф. (Апатиты, Мурманская область, 28–31 марта 2017 г.). Апатиты, 2017. С. 97–99.
- Шабалкина С. В., Смирнова Г. С. Семейство Labiatae в научном отделе гербарной коллекции кафедры биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета // Региональные ботанические исследования как основа сохранения биоразнообразия: материалы Всерос. науч. конф. (с междунар. участием) (г. Воронеж, 29 января – 2 февраля 2018 г.). Воронеж: Изд.-полиграфический центр «Научная книга», 2018. С. 145–149.

**АНАЛИЗ СДВИГА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ РЕДКОЛЕСИЙ
НА ХРЕБТЕ КВАРКУШ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ)
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

Шалаумова Ю. В.¹, Григорьев А. А.²,
Моисеев П. А.², Ерохина О. В.², Соковнина С. Ю.²

¹*Институт промышленной экологии УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

²*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

**ANALYSIS OF THE UPWARD SHIFTS OF THE UPPER TREELINE
IN THE KVARKUSH RANGE (THE NORTHERN URAL MOUNTAINS)
USING GIS TECHNOLOGIES**

Shalaumova Y. V.¹, Grigor'ev A. A.²,
Moiseev P. A.³, Erokhina O. V.⁴, Sokovnina S. Y.⁴

¹*Institute of Industrial Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0002-0173-6293](https://orcid.org/0000-0002-0173-6293)*

²*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0002-7446-0654](https://orcid.org/0000-0002-7446-0654)*

³*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0003-4808-295X](https://orcid.org/0000-0003-4808-295X)*

⁴*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

Corresponding e-mail: jvshalaumova@gmail.com

Summary: a shift of the upper limit of open forests was established in the Kvarkush range during 1958–2016. The rates of shifts were 3 m/decade in altitude and 34 m/decade in horizontal distance. Among the areas of alpine tundra populated by trees, the gentle slopes of western and eastern exposure prevailed.

Keywords: upper treeline, expansion, topographical factors, climate changes, the Northern Urals

Оценка трансформации высокогорных экосистем является на сегодняшний день одной из актуальных задач экологии, роль которой значительно повышается на фоне современного изменения климата. Произрастая в экстремальных климатических условиях, растительность и ее биогеографические рубежи наиболее чутко реагируют на изменения условий среды и поэтому имеют индикаторное значение (Горчаковский, Шиятов, 1985). Во многих высокогорных регионах мира установлены многочисленные факты экспансии древесной растительности в горную тундру (Harsh et al., 2009; Chersich et al., 2015), в том числе в горах Южного, Северного и Полярного Урала (Hagedorn et al., 2014; Devi et al., 2008; Шиятов, Мазепа, 2015).

Цель работы – произвести количественную оценку изменения высотного положения верхней границы редколесий на хребте Кваркуш (Северный Урал) за период 1958–2016 гг. с учетом влияния топографических факторов.

Исследования проводились на западном макросклоне Северного Урала, хребте Кваркуш (60.20° с. ш. 58.73° в. д.). Климат района умеренно-континентальный с продолжительной зимой и коротким летом. Большое влияние на климат оказывают воздушные массы, приносящие влагу с Атлантического океана. Уральские горы здесь, как естественное препятствие, создают благоприятные условия для выпадения осадков в предгорных и горных районах (Белковская и др., 2014). Основные высотные пояса, выделяемые на склонах хребта – горно-лесной, подгольцовый и горно-тундровый. Верхняя граница леса здесь сформирована *Picea obovata* Ledeb. с примесью *Betula pubescens* Ehrh. ssp. *tortuosa* (Ledeb.) Nyman.

Для количественной оценки сдвигов верхней границы редколесий с сомкнутостью крон 0.35–0.4 был проведен сравнительный анализ топографической карты 1958 г. и спутникового изображения 2016 г., охватывающих весь хребет Кваркуш. В геоинформационной системе ArcGIS (ESRI Inc., США) эти данные были совмещены с цифровой моделью рельефа разрешения 10 × 10 м, закартированы пределы распространения редколесий в 1958 и 2016 гг. Оценка площади экспансии редколесий была получена с помощью модуля Spatial Statistics. Для расчета горизонтального продвижения сплошной границы редколесий (без учета обособленных островков) использовалась функция оценки евклидова расстояния от линии, обрисовывающей границу редколесий в начале исследуемого периода, до линии современного распространения редколесий. Вертикальное продвижение сплошной границы редколесий оценивалось по значениям ячеек цифровой модели рельефа, находящихся на линиях, очерчивающих распространение редколесий в 1958 и 2016 гг. В качестве усредненной по ячейкам раstra оценки смещений верхней границы редколесий использовались медианы, так как распределения значений указанных величин не являются нормальными. Далее полученные значения медиан были поделены на продолжительность расчетного периода (58 лет), что позволило оценить скорость продвижения верхней границы редколесий.

Кроме того, область сдвига верхней границы редколесий была разделена на участки по классам элементов рельефа (высоте н. у. м., экспозиции, крутизне склона). Были выделены высотные срезы с шагом по 100 м в интервале высот от 400 до 1 000 м н. у. м. Экспозиция склонов подразделялась на 8 групп по 45°: северная (С, 337.5–22.5°), северо-восточная (СВ, 22.5–67.5°) и т.д. Крутизна склонов была разбита на классы от 0 до 35° с шагом 5°. Для устранения неоднородности распределения данных по классам элементов рельефа была проведена процедура нормализации (Kharuk et al., 2010). Участки зоны экспансии редколесий с заданными классами высоты, экспозиции и крутизны склона соотносились со всей анализируемой территорией с идентичными параметрами.

Анализ изменения растительного покрова на хребте Кваркуш позволил выявить и оценить продвижение верхней границы елово-березовых редколесий в горную тундру за период 1958–2016 гг. Площадь продвижения верхней границы редколесий составила 37.5 км². Минимальное и максимальное значения высоты расположения границы редколесий н. у. м. увеличились на 41 м (с 398 до 439 м) и 10 м (с 900 до 910 м) соответственно. Скорости вертикального и горизонтального сдвигов верхней границы редколесий (рассчитанные через медианы) составили 2.9 и 34.3 м/десятилетие.

Для оценки связи экспансии редколесий с топографическими особенностями местности были проанализированы распределения площадей сдвига верхней границы редколесий в зависимости от крутизны и экспозиции склона, а также высотного уровня. Наблюдаемые

тенденции пространственной динамики редколесий на исследуемой территории в 1958–2016 гг. свидетельствуют о существенном смещении границы редколесий в горную тундру преимущественно на пологих склонах крутизной до 10° (82.9 % площади сдвига границы редколесий), западной и восточной экспозиции. Сравнительный анализ продвижения границы редколесий только на пологих склонах крутизной до 10° западной (СЗ, З и ЮЗ) и восточной (СВ, В, ЮВ) экспозиции показывает преобладание экспансии на западных склонах (57.4 % площади сдвига границы редколесий). Кроме того, более раннее достижение редколесьями пределов 900–1 000 м н. у. м. произошло также на склонах западной экспозиции. На наш взгляд, это объясняется тем, что, западные склоны подвержены большему влиянию Атлантических воздушных масс, в связи с чем, на них выпадает большее количество осадков, в том числе зимних (Мильков, Гвоздецкий, 1976). Увеличение зимних осадков может способствовать продвижению древесной растительности выше в горы благодаря тому, что снеговой покров достаточной мощности защищает деревья от ветровой корразии (Holtmeier, 2003), а также предохраняет почву и корневые системы от низких температур (Шиятов, Мазепа, 2015).

Наблюдаемая на склонах разной экспозиции и крутизны экспансия древесной растительности в горные тундры и луга на хребте Кваркуш свидетельствует о влиянии общих для всей территории факторов, которыми могут быть только климатические, а именно отмечаемое в последнем столетии на Урале увеличение раннелетних и зимних температур и количества твердых осадков (Hagedorn et al., 2014).

Литература

- Белковская Т. П., Переведенцева Л. Г., Мухутдинов О. И., Селиванов А. Е., Бахарев П. Н., Прокошева И. В. Растительность и флора, грибы, лишайники заповедника «Вишерский». Соликамск: Типограф, 2014. 400 с.
- Горчаковский П. Л., Шиятов С. Г. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. М.: Наука, 1985. 208 с.
- Мильков Ф. Н., Гвоздецкий Н. А. Физическая география СССР: общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. М.: Мысль, 1976. 448 с.
- Шиятов С. Г., Мазепа В. С. Современная экспансия лиственницы сибирской в горную тундру Полярного Урала // Экология. 2015. № 6. С. 403–410. DOI: [10.7868/S0367059715060165](https://doi.org/10.7868/S0367059715060165)
- Chersich S., Rejšek K., Vranová V., Bordoni M., Meisina C. Climate change impacts on the Alpine ecosystem: an overview with focus on the soil – a review // Journal of forest science. 2015. V. 61 (11). P. 496–514. DOI: [10.17221/47/2015-JFS](https://doi.org/10.17221/47/2015-JFS)
- Devi N., Hagedorn F., Moiseev P. A., Bugmann H., Shiyatov S., Mazepa V., Rigling A. Expanding forests and changing growth forms of Siberian larch at the Polar Urals treeline during the 20th century // Global Change Biology. 2008. V. 14. P. 1581–1591. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2008.01583.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01583.x)
- Hagedorn F., Shiyatov S. G., Mazepa V. S., Devi N. M., Grigor'ev A. A., Bartysh A. A., Fomin V. V., Kapralov D. S., Terent'ev M. M., Bugman H., Rigling A., Moiseev P. A. Treeline advances along the Urals mountain range - driven by improved winter conditions? // Global Change Biology. 2014. V. 20 (11). P. 3530–3543. DOI: [10.1111/gcb.12613](https://doi.org/10.1111/gcb.12613)
- Harsch M. A., Hulme P. E., McGlone M. S., Dunca R. P. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming // Ecology Letters. 2009. V. 12. P. 1040–1049. DOI: [10.1111/j.1461-0248.2009.01355.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01355.x)
- Holtmeier F. K. Mountain Timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics. Dordrecht: Kluwer, 2003. 369 p.
- Kharuk V. I., Ranson K. J., Im S. T., Vdovin A. S. Spatial distribution and temporal dynamics of high-elevation forest stands in southern Siberia // Global Ecology and Biogeography. 2010. V. 19. P. 822–830. DOI: [10.1111/j.1466-8238.2010.00555.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00555.x)

НАХОДКИ INATURALIST КАК ИСТОЧНИК ДАННЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ РОССИИ И ИХ КАЧЕСТВО

Шашков М. П.^{1,2}

¹*Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пуцзино, Россия*

²*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пуцзино, Россия*

INATURALIST OBSERVATIONS AS DATA SOURCE OR BIODIVERSITY STUDYING IN RUSSIAN AND THEIR QUALITY

Shashkov M. P.^{1,2}

¹*Institute of Mathematical Problems of Biology RAS –
The Branch of the Keldysh Institute of Applied Mathematics
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,*

²*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-1328-8758](https://orcid.org/0000-0002-1328-8758)*

Corresponding e-mail: max.carabus@gmail.com

Summary: There is a brief review of iNaturalist data for Russia. Up to mid February 2020 about 505 thousands research grade observations accumulated by more than 6500 observers. Most of observation were collected since 2011 and submitted after 2017. This amount of data may be valuable source for various biodiversity investigations. The most important features to be considered are identification and georeference.

Keywords: iNaturalist; citizen science; data quality.

В настоящее время больше половины всех находок, опубликованных в GBIF, происходят из систем «любительской науки» (Citizen Science), среди которых одной из крупнейших является iNaturalist. Соответствующий набор данных является восьмым по числу находок в GBIF (iNaturalist.org, 2020) и продолжает быстро расти. Набирает популярность iNaturalist и в нашей стране. На 14 февраля 2020 года для территории России представлено 505 тыс. находок более чем 17 тыс. видов, из которых около 81 % «исследовательского уровня», т.е. имеют корректную дату наблюдения, географическую привязку и подтвержденное участниками системы определение.

Первые находки для территории России (начиная с 1952 года) занесены в iNaturalist на основе фотографий гербарных листов и образцов из коллекций насекомых. Первая фотография, сделанная в природе, датирована 1975 годом, первая цветная фотография – 1980 г. С появлением доступных цифровых фотоаппаратов число находок нарастает с каждым годом и, начиная с 2005 года, становится более 2 000 за год. К первому десятилетию XXI века относится около 6 % находок, за последующие 5, 2 и 1 год собрано примерно по 11 %, а на 2019 год приходится 58.8 %. Очевидно, что далеко не все находки добавлены в информационную систему вскоре после встречи в природе. Первая находка для территории России опубликована

в начале 2011 года и до конца 2016 года было добавлено всего 654 наблюдения (0.1 % от общего числа), в 2017 – около 1 %, 2018 – 9.4 %, 2019 – 78.7 %.

Очевидно, что процесс накопления находок отражает развитие технологий цифровой фотографии, а на динамику их публикации непосредственно влияет развитие мобильных устройств, Интернета, веб-технологий и машинного обучения, благодаря которым пользователь может сразу узнать, каким видом может являться сфотографированный объект. Фактически, в России про iNaturalist начали узнавать в 2017 году. В этом году свои наблюдения загрузили 88 участников. В 2018 г. система набрала популярность (1 643 пользователя), а в 2019 году (5 093 пользователя), во многом благодаря первому всероссийскому проекту «Флора России», начались целенаправленные сборы наблюдений.

Наибольшая плотность наблюдений приходится на регионы центра и юга Европейской части, Поволжья и юга Западной Сибири, а также на Приморский край и Камчатку. В сопредельных регионах число наблюдений может различаться на один-два порядка, наиболее яркий пример – Орловская область по сравнению с соседними. Различаются регионы и по соотношению групп организмов, в большинстве среди наблюдений преобладают растения, особенно в Дагестане и Брянской области, в Башкортостане, Карелии и Курской области – насекомые, в Томской, Новосибирской областях и Алтайском крае – птицы, есть один регион с преобладанием грибов среди наблюдений – Ханты-Мансийский автономный округ.

Некоторые типы лицензий, установленные для находок, затрудняют их использование для научных исследований. В iNaturalist предусмотрены все варианты лицензий Creative Commons, а также полное авторское право ©, в то время как для применения данных в научных целях приемлемы только три вида лицензий: CC0, CC-BY и CC-BY-NC – таких находок около 80 %. Если учесть подтверждение определения, массив находок, которым можно уверенно пользоваться, составляет около 65 % от всего объема. Эти находки можно найти в наборе данных GBIF iNaturalist Research-grade Observations (2020).

Из 683 находок, датируемых второй половиной прошлого века, многие сделаны на основе фотографий образцов из коллекций (в основном насекомых). Большая часть подобных записей не соответствуют правилам публикации данных о биоразнообразии, так как автором наблюдения указан тот, кто внес эту запись, а не коллектор, за исключением случаев, когда участник публикует собственные сборы.

Находки с неподтвержденным определением надо использовать с осторожностью. Тем не менее, среди находок исследовательского уровня возможны ошибочные подтвержденные определения. Ситуация с определением находок разных систематических групп различна. Для сосудистых растений есть несколько постоянных экспертов, в то время как для многих групп беспозвоночных участие специалистов, знакомых с российской фауной, пока недостаточно. Например, многие дождевые черви (Lumbricidae, Oligochaeta) автоматически определены как *Lumbricus terrestris* L., хотя во многих случаях по фотографиям даже невысокого качества очевидно, что это другой вид.

При привлечении находок из iNaturalist для исследования важно оценивать качество этих данных не только по корректности определения, но и по времени и месту находки. Если с первым следует полагаться в основном на свой профессионализм и помощь экспертов, то для работы со значениями других параметров уже разработаны общепринятые критерии (Chapman, 2005; Chapman, Wieczorek, 2006).

В процессе создания нового наблюдения многие сведения, в том числе дата и время и, если доступно, географические координаты, автоматически копируются из метаданных фотографии (стандарт EXIF). Если метаданные не сохранились, например, в результате

редактирования фотографии, или их не было изначально, то зачастую в качестве даты наблюдения ошибочно задается дата создания записи в iNaturalist. В некоторых случаях, если для архивной фотографии известен только год, то для находки указывают 1 января соответствующего года. Отследить подобное возможно по несоответствию фотографии наблюдения сезону. Кроме того, есть некоторое число наблюдений, для которых дата наблюдения указывается более поздняя, чем дата загрузки.

Одна из наиболее важных характеристик находки – это географическая привязка. Точность определения координат разнообразна, для части находок (около 20 %) она не указана, точность в пределах 100 м указана примерно для половины (52 %) находок, больше 2 км – всего для 10 %. При этом доля более точных привязок выше для «свежих» находок, загруженных в систему в течение недели после того, как были сделаны фотографии. Предполагается, что большинство этих находок сделаны при помощи смартфона или фотоаппарата с модулем GPS, что не требует отдельной работы по привязке фотографий. В то же время, для таких находок высока доля привязок без оценки точности – 25–30 %. Для архивных фотографий, добавленных в систему как минимум через год после наблюдения, доля находок без оценки точности привязки невелика – около 6 %.

Для части находок координаты «размыты» (obscured), т.е. смещены случайным образом в квадрате $2' \times 2'$, в результате чего точность привязки составляет около 25 км. Это может быть сделано пользователем сознательно или происходит автоматически при загрузке в систему наблюдения вида, имеющего международный охранный статус. Кроме того, координаты некоторых находок вообще скрыты, но здесь они не рассматриваются. В любом случае надо учитывать точность позиционирования и выбирать местонахождения, соответствующие по данному параметру целям исследования.

Наиболее очевидное направление, в котором можно использовать данные, полученные из iNaturalist, – это составление и уточнение ареалов как обычных, так и редких видов. При этом, для территорий с высокой плотностью наблюдений возможно получить информацию не только о присутствии, но и об отсутствии целевых видов. Здесь необходима разработка критериев оценки присутствия/отсутствия видов на основе пространственного анализа.

На общую картину распределения находок в настоящее время большое влияние имеет деятельность отдельных энтузиастов. Из 6 534 человек, добавивших хотя бы одну находку для территории России, 17 натуралистов с числом находок более 5 тыс. вместе собрали около 30 % всех наблюдений, если взять уровень в 1 тыс., то это будет 115 участников (менее 2 % от общего числа) и около 70 % всех находок. Поэтому следует учитывать акцентуацию активности участников как на отдельные регионы, так и группы организмов, особенно если iNaturalist является единственным источником данных для исследования.

В ближайшее годы следует ожидать увеличения числа участников и объемов загружаемых данных. За первые полтора месяца 2020 года было загружено более 50 тыс. новых находок (почти 11 % от всего объема), и из них только 28 % относится к текущему году, следовательно, активно идет мобилизация архивных данных.

Кроме составления и уточнения ареалов, данные iNaturalist возможно использовать для мониторинга редких видов, отслеживания распространения инвазий, инвентаризации флоры и фауны ООПТ, фенологических исследований и для многих других научных и прикладных задач, в качестве как основного, так и дополнительного источника. Кроме того, большинство фотографий несет много информации, помимо самого объекта живой природы: сообщество, в котором сделано наблюдение и живой напочвенных покров (в идеале это отдельные

фотографии, загружаемые для одного наблюдения), форофит, вид-хозяин, фенофаза «фоновых» растений, наличие и характер снежного покрова, ледяной покров водоемов и многое другое.

Таким образом, важной задачей становится распространение в среде натуралистов и полевых исследователей навыков оценки качества данных и рекомендаций по сбору и оформлению наблюдений в системе iNaturalist.

Литература

- Chapman A. D. Principles of Data Quality, version 1.0. Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen, 2005.
- Chapman A. D., Wieczorek J. (eds.). Guide to Best Practices for Georeferencing. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 2006.
- GBIF.org (23 February 2020) GBIF Occurrence Download. DOI: [10.15468/dl.44j84j](https://doi.org/10.15468/dl.44j84j)
- iNaturalist Research-grade Observations. Occurrence dataset. inaturalist.org, 2020. DOI: [10.15468/ab3s5x](https://doi.org/10.15468/ab3s5x) (accessed via GBIF.org on 2020-02-23).

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДРЕВОСТОЯ
СТАРОВОЗРАСТНОГО ШИРОКОЛИСТВЕННОГО ЛЕСА
ПО МАТЕРИАЛАМ ЗИМНЕЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА**

Шашков М. П.^{1,2}, Иванова Н. В.²

¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пуццино, Россия*

²*Институт математических проблем биологии РАН –
филиал ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, Пуццино, Россия*

**TREE MAPPING ON THE BASIS
OF WINTER AERIAL PHOTOGRAPHY FROM UAV**

Shashkov M.¹, Ivanova N.²

¹*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0002-1328-8758](https://orcid.org/0000-0002-1328-8758)*

²*Institute of Mathematical Problems of Biology RAS –
The Branch of the Keldysh Institute of Applied Mathematics
of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia,
ORCID: [0000-0003-4199-5924](https://orcid.org/0000-0003-4199-5924)*

Corresponding e-mail: max.carabus@gmail.com

Summary: Forest stand of permanent sampling plot (200 × 540 m), located in the "Kaluzhskie Zaseki" natural reserve, was described in details for the first time in 1986–88. It included a survey of cartesian coordinates of base for each tree. Actual survey (2016–18) revealed inaccuracy of tree map. A set of winter photos taken with UAV DJI Phantom 4 were used for attempting to obtain an actual tree map. Points of tree base, vectorising with QGIS using photos for part of the plot (1.7 ha) were adjusted using EXIF metadata and original Python scripts. Obtained spatial data need further field validation.

Keywords: permanent sample plot, UAV, aerial photography, tree stand mapping

Введение

Работа посвящена исследованию пространственной структуры древостоя на постоянной пробной площади (ППП) в заповеднике «Калужские засеки», заложенной в 1986–1988 гг. под руководством д.б.н. О. В. Смирновой на участке полидоминантного старовозрастного широколиственного леса площадью 10.8 га (200 × 540 м). При закладке были учтены все живые деревья с диаметром ствола не менее 5 см (всего 5 310 стволов), а также сухостой, валеж и крупные пни широколиственных деревьев – всего 6 562 учетные единицы. В процессе первичного перечета были измерены прямоугольные координаты оснований стволов. Актуализация данных ППП выполнена в 2016–2018 гг. В процессе повторного перечета были добавлены все деревья, достигшие учетного диаметра. Всего учтено 6 668 деревьев (5 135 живых). Анализ собранных данных показал, что за 30 лет погибло 2 101 дерево и появилось 1 930 новых учетных деревьев.

В ходе актуального перечета было выяснено, что координаты некоторых деревьев были определены со значительными неточностями и требуют уточнения. Повторное картографирование наземными методами в настоящее время неосуществимо из-за высоких трудозатрат, поэтому целью данной работы стало определение координат деревьев по дистанционным данным, полученным с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – квадрокоптеров.

Материалы и методы

Использованы данные, полученные при помощи БПЛА DJI моделей Phantom 4 и Phantom 4 Pro. Аэрофотосъемку проводили 7 декабря 2017 г., 1, 3 и 5 мая и 14 августа 2018 г. Полеты выполнялись при помощи мобильного приложения DroneDeploy в автоматическом режиме по схеме mosaic flight mode (Shuhua, 2017) с перекрытием снимков 80–95 %. Для избежания артефактов по краям ортофотоплана полетный план строился с буферной зоной вокруг ППП шириной минимум в 2–3 полосы снимков (100–300 м, в зависимости от высоты и площади съемки). Фотограмметрическая обработка полученных изображений выполнена в программе Agisoft Photo Scan 1.4.2 Professional / MetaShape 1.6. По результатам весенних и летней съемок построены ортофотопланы (ОФП).

Результаты визуального дешифрирования древостоя по ОФП, полученным в мае и августе, показали лишь частичное соответствие с данными наземной съемки (Шашков и др., 2019). Удалось выделить деревья, относящиеся к 1 и 2 ярусам древостоя, в то время как в анализируемой выборке наземных измерений только 48 % всех деревьев относились к пологу леса.

Основа плана древостоя – это координаты комлей деревьев (оснований стволов), которые на весенних и летних снимках не видны. Качество изначального плана вызывает сомнения, ОФП по результатам зимней съемки получаются либо низкого качества, либо не получаются вовсе. Тем не менее, на зимних фотографиях отчетливо видны основания стволов деревьев всех ярусов. Для определения координат комлей деревьев по зимним снимкам нами разработана оригинальная методика, которая апробирована на участке ППП в 1.7 га (квадрат со стороной ~ 130 м) – около 15 % от всей ППП. В качестве исходных данных выбран набор фотографий аэрофотосъемки 7 декабря 2017 г. Сначала из изображений вырезали центральную часть (соответствующую квадрату 80 × 80 м на местности), чтобы минимизировать искажения из-за перспективной дисторсии. Так как параметры съемки обеспечивают многократное покрытие, далее были выбраны фотографии через один проход БПЛА и через одну в проходе, таким образом, чтобы перекрытие полученного набора снимков составило около 50 %. После этого в среде QGIS 3.10 на каждом снимке вручную отмечали центры оснований стволов для максимально возможного числа деревьев (стараясь не отмечать кусты лещины и деревья, не достигшие учетного диаметра). Полученные векторные слои далее обработаны в полуавтоматическом режиме.

К координатам точек каждой группы добавлены прямоугольные координаты центра соответствующей фотографии (по данным EXIF) в системе координат WGS 84 / UTM zone 36N, после чего точки, полученные со всех фотографий, были объединены в один векторный файл. Так как точность определения координат приемником GPS составляет 3–4 метра, полученные для соседних снимков группы точек зачастую получились смещенными относительно друг друга, поэтому было выполнено их выравнивание, для этого на соседних снимках потребовалось найти по 2–3 пары точек, заведомо относящихся к одним и тем же деревьям (на основе их взаимного расположения). На основе разницы координат найденных пар точек соседние группы точек были выровнены относительно друг друга и объединены в один

векторный файл по авторскому алгоритму, реализованному в виде скриптов на языке Python 3.7. Отметим, что в результате перекрытия фотографий одно и то же дерево могло быть отмечено на 3–4, или даже 6 фотографиях. Близко расположенные точки, полученные по разным фотографиям (предполагается, что они относятся к одному дереву), были усреднены в одну, с радиусом поиска 65 см.

Результаты и их обсуждение

В результате обработки данных в соответствии с разработанной нами методикой было детектировано 617 деревьев. Сопоставление полученных результатов с уже имеющимися данными показало частичное совпадение с кронами, визуально выделяемыми по летнему ортофотоплану, и векторному слою по данным исходного перечета (из которого были предварительно удалены координаты погибших деревьев). Выяснено, что существенным недостатком методики является отсутствие информации о видах деревьев, детектируемых по зимней съемке, что затрудняет сравнение полученных результатов с данными исходного перечета. В древостое на ППП присутствуют деревья 8-ми видов (*Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides*, *A. campestre*, *Ulmus glabra*, *Tilia cordata*, *Betula* spp. и *Populus tremula*), в то время как по нашему опыту, по зимним фотографиям с уверенностью можно определить только березу, осину и липу. Кроме того, на ортофотоплане видны только деревья, находящиеся в пологе, а также растущие в «окнах», а данные пространственной привязки новых деревьев, учтенных в 2016–2018 гг., отсутствуют. Таким образом, для оценки полученных результатов требуется проведение картографирования небольших участков древостоя наземными методами, которое планируется выполнить в 2020 г.

Заключение

Наши предварительные оценки показывают, что с помощью применяемой методики общее число деревьев, выявленных дистанционно, примерно на треть меньше учтенного в ходе перечета 2016–2018 гг. В то же время, широко используемые автоматические алгоритмы поиска деревьев, работающие с цифровыми моделями полога леса, при работе с данными съемки старовозрастных полидоминантных лесов дают неудовлетворительные результаты, число автоматически детектируемых деревьев значительно больше их реального числа (неопубл.). Поэтому мы рассматриваем как наиболее перспективное направление дальнейшее совершенствование методологии обработки данных зимней аэрофотосъемки.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-14-00362). Данные аэрофотосъемки частично обработаны по проекту РФФИ № 18-04-00527.

Литература

- Шашков М. П., Иванова Н. В., Шанин В. Н., Стаменов М. Н., Грабарник П. Я. Построение план-схемы проекций крон полидоминантного широколиственного древостоя по данным аэрофотосъемки // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии: доклады VII Всероссийской конференции (Москва, 22–24 апреля 2019 г.). М.: ЦЭЛПРАН, 2019 г. С. 103–104.
- Shuhua Yi. FragMAP: a tool for long-term and cooperative monitoring and analysis of small-scale habitat fragmentation using an unmanned aerial vehicle // International Journal of Remote Sensing. 2017. V. 38 (8–10). P. 2686–2697. DOI: [10.1080/01431161.2016.1253898](https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1253898)

**ГЕРБАРИЙ КУЗБАССКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА
КАК БАЗА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
«ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ КУЗБАССА»: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Шереметова С. А., Хрусталёва И. А.

*Кузбасский Ботанический сад Федерального исследовательского центра
угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия*

**HERBARIUM OF THE KUZBASS BOTANICAL GARDEN
AS A BASIS FOR CREATING THE INFORMATION SYSTEM
“DIGITAL HERBARIUM OF THE KUZBASS”: PROBLEMS AND PROSPECTS**

Sheremetova S. A.¹, Khrustaleva I. A.²

¹*Kuzbass botanical garden of the Federal Research Center
of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo, Russia*

²*Kuzbass botanical garden of the Federal Research Center
of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo, Russia,
ORCID: 0000-0002-6451-0152*

Corresponding e-mail: ssheremetova@rambler.ru, atriplex@rambler.ru

Summary: in the article a brief description of the Herbarium of the Kuzbass Botanical Garden (KUZ) formation history is provided. The current state of the collection consisting of 60 000 herbarium specimens, including 19 654 herbarium sheets of Kemerovo region, is given. The problematic issues arisen during the preparation of herbarium collections for digitalization are noted. The representation degree of various areas (including municipal ones) in the Herbarium collection of region is analysed. The stored information for Kuzbass about rare and endangered species of vascular plants is estimated.

Keywords: herbarium, flora, Kuzbass

Кузбасс отличается от других регионов азиатской части России самой высокой плотностью населения, к тому же он является регионом интенсивного освоения, что определяет существенное антропогенное влияние на природную среду. Пограничное положение территории Кемеровской области, расположенной на границе двух флористических провинций – Западно-Сибирской и Алтае-Саянской – определяет гетерогенность флоры и довольно высокий уровень таксономического разнообразия.

Исследования уникальной и динамичной флоры Кузбасса, проводимые учеными уже более 300 лет (с первой половины XVIII в.) позволили накопить солидные материалы гербарных образцов. А. В. Куминова (1950) отмечала, что к середине XX в. Кемеровская область была одним из самых исследуемых районов Сибири. Но, к сожалению, эта тенденция сохранялась не всегда, и во второй половине XX века Кемеровская область осталась в стороне от научных исследований. Тем не менее, в 2000 г. были изданы Красная книга Кемеровской области и в 2001 г. Определитель растений Кемеровской области (2000), где указано 1 585 видов высших сосудистых растений. Представленность коллекций из Кемеровской области в других гербариях подробно изложена в статье И. М. Красноборова (2006). К этому времени были созданы гербарные коллекции в Кемеровском государственном университете (КЕМ – КемГУ,

г. Кемерово), а также в филиале КемГУ (г. Новокузнецк, бывшая Кузбасская государственная педагогическая академия). Наиболее крупные сборы за пределами Кузбасса сосредоточены в гербариях Томского университета (ТК) и Центрального сибирского ботанического сада (NS, NSK). Эти материалы были учтены при издании таких сводок, как Флора Западной Сибири (12 томов, 1927–1964) и Флора Сибири (14 томов, 1987–2003). Тем не менее, в своей статье И. М. Красноборов (2006) отмечает, что «работа по написанию Определителя... оказалась очень трудной, так как флористических публикаций по отдельным группам растений по области было мало, а гербарные сборы, оказались разрозненными и распыленными в разных хранилищах страны».

В основном Гербарный фонд Кузбасского ботанического сада (KUZ) начал формироваться в 1991–1995 гг., когда Т. Е. Буко приступила к исследованию флоры заповедника «Кузнецкий Алатау», хотя в фондах имеются образцы 1969 г. С 2001 г. отмечается подъем в исследованиях флоры Кемеровской области сотрудниками КузБС, изучались не только горные территории Кузбасса. Сотрудничество с учеными Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН, Томского университета привело к резкому увеличению количества сборов из самых разных районов. Проводимые исследования позволили к 2010 г. отметить более 100 новых видов для области (Буко и др., 2005; Эбель и др., 2008, 2009а, 2009б; Лашинский и др., 2009; Шереметова и др., 2009, 2011; Стрельникова, 2010). Фонд образцов с территории Кемеровской области сформирован благодаря сборам следующих коллекторов: С. А. Шереметова, Т. Е. Буко (около 7 тыс.), А. Н. Куприянов (более 4 тыс.), Ю. А. Манаков (более 2 тыс.), А. Л. Эбель, Е. А. Кузмина, Т. О. Стрельникова (около 1,5 тыс.), Л. А. Горшкова, И. А. Хрусталева, Г. И. Яковлева, О. А. Куприянов (около 1 тыс.), Ю. В. Морсакова, Д. В. Чусовлянов (около 500), В. Н. Бересенева, О. В. Барышева, С. А. Скобликов (более 300), Н. В. Демиденко, Р. Т. Шереметов, Н. В., Уханова О. С. Серебрякова, Д. А. Сидоров (более 200) и др.

В 2010 г. Гербарий был внесен в международную базу данных Index Herbariorum с акронимом KUZ. В настоящее время в Гербарии представлены 4 отдела сосудистых растений, включающие около 60 000 листов: Кемеровская область, Казахстан и Средняя Азия, Сибирь, Типовой. Отдел «Мохообразные» – 5000 образцов. В отделе «Казахстан и Средняя Азия» размещены гербарные сборы с территории Восточного, Центрального и Южного Казахстана, имеются именные коллекции по родам *Stipa*, *Festuca*, *Artemisia*. Часть материалов была передана для хранения от ученых Сибири и Казахстана: А. Л. Эбель, Ю. А. Котухов, Н. Н. Лашинский, В. П. Амелеченко, О. М. Маслова, Д. В. Золотов и др.

На данный момент мы приступили к созданию регионального цифрового гербария, что позволит получить максимально полную научную информацию о разнообразии региональной флоры и провести ее документацию в цифровой форме по стандартам глобальных информационных баз данных. Сейчас отдел «Кемеровская область» содержит более 19 000 образцов (точнее 19 654 гербарных листов сосудистых растений), относящихся к 1 584 видам, 548 родам и 123 семействам. Сборы датированы 1969–2019 годами. Данные по каждому образцу хранения доступны также в электронном виде в таблицах Microsoft Excel.

В ходе реализации проекта, проводя инвентаризацию коллекций, мы столкнулись с некоторыми проблемами. А именно – проблемой верификации некоторых таксонов, что обусловлено отсутствием (как и в большинстве региональных гербариев) специалистов по отдельным систематическим группам. Иногда критический пересмотр приводит к масштабным изменениям. В частности, после проверки рода *Dactylorhiza* П. Г. Ефимовым (БИН РАН) образцы, представленные в коллекции, распределились между 3 видами: *Dactylorhiza fuchsii*

(Druce) Soó, *D. incarnata* (L.) Soó, *D. sibirica* Efimov, 14 листов – *Dactylorhiza* sp. До проведенной инвентаризации 263 листа включали 7 видов: *D. cruenta* (O. F. Muell.) Soo, *D. fuchsii* (Druce) Soó, *D. incarnata* (L.) Soó, *D. longifolia* (L. Neum.) Aver., *D. maculata* (L.) Soó, *D. meyeri* (Reichenb. fil.) Aver., *D. russowii* (Klinge) Holub. Еще одна проблема связана с тем, что база данных формировалась длительное время разными специалистами, что привело к отсутствию единообразия представленной информации, различной степени детализации, и в настоящее время необходимы дополнительные усилия для унификации накопленных сведений.

Тем не менее, уже на данном этапе мы можем оценить позитивные моменты и перспективы создания регионального цифрового гербария. В частности анализ данных о распространении видов по региону позволяет оценить так называемые «белые пятна» Кузбасса по представленности видов. Несмотря на то что сборы охватывают все районы области, имеются районы, флора которых представлена менее чем 100 листами (Яйский и Ижморский). Очевидно, что необходимо проведение дополнительных сборов именно из районов с небольшими показателями. Фактически наибольшее количество гербарных листов собрано с территории Новокузнецкого района, но коллекторы указывали в этикетках Новокузнецкий район, который охватывает большую часть западного макросклона хребта Кузнецкий Алатау, и делали записи без указания административного района – Кузнецкий Алатау. Весь массив данных по Кузнецкому Алатау отнести к Новокузнецкому району нельзя, так как часть местонахождений выходит за его пределы и будет относиться к Междуреченскому или Тисульскому районам. Также по количеству образцов лидируют сборы из Кемеровского (2 932), Беловского (2 462) и Таштагольского (2 516) районов.

Важную роль имеет обобщенная информация о редких растениях региона. По современным данным в отделе «Кемеровская область» содержатся образцы 126 видов высших сосудистых растений, включенных в Красную книгу Кемеровской области (2012) и предложенных в третье издание Красной книги Кемеровской области 2021 года (Шереметова, Хрусталева, 2019). Это составляет 89.4 % от общего количества видов. В коллекции хранится 1 048 гербарных листов. Наиболее полно представлены сборами редких видов растений районы Беловский, Новокузнецкий, Таштагольский. Среди них такие виды как *Allium ramosum* L., *Leontopodium ochroleucum* Beauverd, *Iris bloudowii* Ledeb., *Tulipa patens* Agardh ex Schult. et Schult. fil., *Phlox sibirica* L., *Polygala tenuifolia* Willd., *Cryptogramma stelleri* (S. G. Gmelin) Prantl, *Ophioglossum vulgatum* L., имеющие статус редкости «1» (находящиеся под угрозой исчезновения). Пока в сборах отсутствуют 15 видов из Красной книги Кемеровской области: *Althaea officinalis* L., *Arctostaphylos erythrocarpa* Small., *Blitum rufum* (Hudson) Link, *Cardamine trifida* (Poir. ex Lam.) B. M. G. Jones, *Caulinia flexilis* Willd., *Coeloglossum viride* (L.) C. Hartm., *Cystopteris altaicensis* Gureeva, *Dactylorhiza ochroleuca* (Wustn. ex Boll.) Holub, *Epipogium aphyllum* Sw., *Linum altaicum* Ledeb. ex Juz., *Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) O. Kuntze, *Scrophularia altaica* Murr., *Veronica pinnata* L., *Woodsia pinnatifida* (Fomin) Schmakov, *Zigadenus sibiricus* (L.) A. Gray.

Таким образом, работа по созданию цифрового гербария Кузбасса уже на данном этапе позволила обобщить всю доступную информацию и составить представление о реально существующем разнообразии и представленности флоры Кемеровской области в коллекции Гербария, уточнить состояние сборов в отдельных муниципальных образованиях, выявить участки, где необходимо проведение дополнительных исследований («белые пятна»). Данные текстов оригинальных этикеток, географических координат мест сбора растений, отраженные в электронном виде на картах, позволят формировать общие списки по отдельным районам области в автоматическом режиме. Создание интегрированной информационной системы

«Цифровой гербарий Кузбасса» послужит основой для дальнейшего развития имеющихся к настоящему времени других региональных коллекций в Кемеровской области.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ. Грант № 20-44-420007 р_а: Создание интегрированной информационной системы «Цифровой гербарий Кузбасса».

Литература

- Буко Т. Е., Шереметова С. А., Куприянов А. Н., Чусовлянов Д. В., Кузьмина Е. А. Новые и редкие виды сосудистых растений для флоры Кемеровской области // Бот. журн. 2005. Т. 90. № 12. С. 1903–1907.
- Красная книга Кемеровской области. Кемерово, 2012. 208 с.
- Красная книга Кемеровской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Кемерово: Кемеровское книжное изд-во, 2000. 244 с.
- Красноборов И. М. Исследователи флоры Кемеровской области // Ботанические исследования Сибири и Казахстана, 2006. Вып. 12. С. 134–147.
- Крылов П. Н. Флора Западной Сибири. Вып. 1–11. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1927–1949. 3070 с.
- Куминова А. В. Растительность Кемеровской области. Новосибирск: ОГИЗ, 1950. 167 с.
- Лашинский Н. Н., Лашинская Н. В., Королюк А. Ю., Буко Т. Е., Шереметова С. А. Новые виды для флоры Новосибирской и Кемеровской областей // Бот. журн. 2009. Т. 94. № 6. С. 895–898.
- Определитель растений Кемеровской области. Отв. ред. И. М. Красноборов. Новосибирск, 2001. 477 с.
- Сергиевская Л. П. Флора Западной Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1961–1964. Т. 12. Ч. 1–2. С. 3071–3550.
- Стрельникова Т. О. Флористическое разнообразие антропогенно-нарушенных территорий Кемеровской области // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2010. Вып. 16. С. 63–66.
- Флора Сибири. Новосибирск, 1987–2003. Т. 1–14.
- Шереметова С. А., Буко Т. Е., Эбель А. Л. Новые для Горной Шории виды сосудистых растений // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2009. Вып. 15. С. 86–90.
- Шереметова С. А., Хрусталёва И. А. К вопросу о третьем переиздании Красной книги Кемеровской области // Итоги и перспективы геоботанических исследований в Сибири: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию лаборатории экологии и геоботаники ЦСБС СО РАН. ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН. Новосибирск, 2019. С. 121–123.
- Шереметова С. А., Эбель А. Л., Буко Т. Е. Дополнения к флоре Кемеровской области за последние 10 лет (2001–2010 гг.) // Turczaninowia. 2011. № 14. С. 65–74.
- Эбель А. Л., Буко Т. Е., Шереметова С. А., Яковлева Г. И., Куприянов А. Н. Новые для Кемеровской области виды сосудистых растений // Бот. журн. 2009а. Т. 94. № 1. С. 106–113.
- Эбель А. Л., Шереметова С. А., Буко Т. Е. Флористические находки в бассейне Томи (Западная Сибирь) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2009б. Т. 114. Вып. 3. С. 87–90.

**АНАЛИЗ СТАРОВОЗРАСТНЫХ УЧАСТКОВ ЛЕСА
НА ПРИСОЕДИНЕННОЙ В 2001 Г.
ТЕРРИТОРИИ ВИСИМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Шилов Д. С.^{1,2}

¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

²Висимский государственный природный биосферный заповедник,
Кировград, Россия

**ANALYSIS OF OLD-AGING SITES OF FOREST
ON THE TERRITORY OF WISIMSKY RESERVE JOINED IN 2001**

Shilov D. S.^{1,2}

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²Visim State Natural Biosphere Reserve, Kirovgrad, Russia

Corresponding e-mail: uralnaturalist@mail.ru

Summary: for the first time, based on the use of time-varying satellite imagery and forest inventory materials, an analysis was made of old-growing and relatively poorly disturbed anthropogenic activities and natural cataclysms in forest areas on the territory of the Visim Reserve, annexed in 2001. The area of the preserved areas, age structure, degree of damage by a windfall of 1995 were identified, the spatial distribution is shownight.

Keywords: Visim Reserve, old-aging sites of forest, anthropogenic transformation

Висимский государственный природный биосферный заповедник создан в 1971 г. и является эталоном природы Среднего Урала. На его территории репрезентативно представлены типичные и уникальные экосистемы южно-таежного среднеуральского низкогорья.

В 2001 г. в связи с присвоением международного статуса биосферного заповедника его территория была расширена на 19 990 га за счет присоединения земель лесного фонда, занятых преимущественно рубками разных лет, которые находятся на разных стадиях восстановительных сукцессий и располагаются в пределах выделенной ранее охранной зоны заповедника. Присоединенная территория составляет 60 % от общей площади заповедника.

Леса присоединенной территории сильно трансформированы хозяйственной деятельностью человека, характеризуются фрагментированностью и мозаичностью и на значительной площади представляют собой рубки разных лет, находящиеся на разных стадиях восстановительной сукцессии. Исследуемая территория начала осваиваться рубками с целью заготовки древесины и углежжения с XVIII века, однако, как свидетельствуют разновременные космоснимки, большая часть территории (около 50–60 %) была интенсивно вырублена сплошнолесосечными рубками в результате активной лесозэксплуатации с начала 1970-х до начала 1990-х гг. Коуровским леспромхозом. В последние годы леса заповедника пострадали и изменили свой облик в результате массового катастрофического ветровала 1995 г. и крупных природных пожаров 1998 г. и 2010 г., частично затронувших и рассматриваемую территорию.

На основе анализа разновременных (с 1984–2000 гг.) космоснимков в ГИС-программе Google Earth и материалов лесоустройства (таксационные описания, планы лесонасаждений) 1989 и 2000 г. определены площадь, возрастной спектр, степень повреждения ветровалом 1995 г. и показано распределение старовозрастных относительно малонарушенных хозяйственной деятельностью человека и природными катаклизмами лесов на присоединенной к заповеднику территории. Учитывались хвойные, относительно малонарушенные хозяйственной деятельностью человека и природными катастрофическими процессами (пожарами) участки леса с примесью лиственных пород до 50 % в формуле породного состава и возрастом (на момент написания статьи) от 121 года и старше.

Старовозрастные малонарушенные участки лесов на присоединенной территории имеют вариацию возраста от 120 до 250 лет и занимают площадь 4 981,7 га, что составляет 25 % от общей площади изучаемой территории, или 15 % от общей площади заповедника в целом.

По породному составу это преимущественно пихтово-еловые леса с примесью березы, осины, кедра, редко липы (55 % площади); березово-еловые с примесью кедра, осины, пихты, сосны, березово-пихтово-еловые с примесью кедра, осины и еловые леса с примесью березы, кедра, пихты, сосны) занимают от 13 до 16 % площади изучаемой территории, и около 1 % занимают елово-березово-сосновые леса с примесью осины.

Исследуемые старовозрастные участки леса представлены в основном еловой серией типов леса (кисличники, разнотравно-зеленомошные, приречные, крупнопоротниковые, хвощевые, липняковые, травяные) и очень редко сосняками ягодниковыми.

Анализ возрастной структуры показывает, что наибольшую площадь (49 % от площади исследуемой территории) занимают участки леса с возрастом от 161 до 170 лет, также по площади выделяются участки леса с возрастом 171–180 лет (12,8 %), 141–150 лет (8,4 %), 181–190 лет (6,6 %), самых старовозрастных участков возрастом 251–260 лет менее 1 %.

Из статьи Е. Г. Поздеева и И. В. Войтенко (2006) заимствована классификация степени повреждения насаждений ветровалом. Степень повреждения от ветровала 1995 г. оценивали на основе материалов лесоустройства 2000 г. в зависимости от процента ветровальных и буреломных деревьев в древостое по запасу. Анализ материалов лесоустройства показывает, что половина (50 %) сохранившихся старовозрастных участков леса очень сильно повреждена катастрофическим ветровалом 1995 г. (с вывалом по запасу 71 % древостоя). На таких участках сохранились отдельные деревья материнского древостоя и их группы, тонкомер и подрост. Значительные площади (15,2 %) старовозрастных участков имеют сильную степень повреждения древостоя, вывал затронул большую часть насаждения.

Анализ пространственного распределения старовозрастных малонарушенных участков на рассматриваемой территории иллюстрирует, что они распределены крайне неравномерно и на большей части представлены в виде сильно фрагментированных небольших и мелких клочков самой разнообразной формы и конфигурации. Крупные массивы старовозрастных участков с возрастом от 200 лет и старше сохранились в северо-западной части присоединенной территории. Значительные целостные массивы с минимальной фрагментированностью и разрозненностью сохранились на западе территории в истоках р. Нотиха, на востоке в горной части заповедника – на г. Долгая, в междуречье рек Верхняя и Малая Кутья, а также в районе государственного ботанического памятника природы областного значения «Кедровник в истоках р. Нотиха».

Литература

- Поздеев Е. Г., Войтенко И. В. Анализ последствий крупномасштабных природных нарушений для лесов Висимского заповедника с использованием геоинформационной системы (ГИС) // Экологические исследования в Висимском биосферном заповеднике: материалы науч. конф., посвящ. 35-летию Висимского заповедника (Екатеринбург, 2–3 окт. 2006 г.). Отв. ред. Ю. Ф. Марин. Екатеринбург, 2006. С. 270–274.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАРАЖЕННОСТИ ООПТ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.

Шипилина Л. Ю., Чухина И. Г.

*Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия*

THE USE OF GIS-TECHNOLOGIES FOR ASSESSMENT OF CONTAMINATION PROTECTED AREAS *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.

Shipilina L. Yu.¹, Chukhina I. G.²

¹*Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: 0000-0001-7590-3173*

²*Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
Saint-Petersburg, Russia,
ORCID: 0000-0003-3587-6064*

Corresponding e-mail: l.shipilina@vir.nw.ru

Summary: field verification of many data on the spread of *Heracleum sosnowskyi* Manden. It allowed to make an accurate assessment of the area of destruction of the Kurgalsky reserve on the territory of the Kingisepp district of the Leningrad region. Data were obtained on the inexpediency of using satellite images as the only data source.

Keywords: invasive plants, protected areas, Kurgalsky reserve, satellite images, Landsat

Изучение распространения *Heracleum sosnowskyi* Manden. на территории России в последние десятилетия часто носит стихийный характер. Данной проблемой занимаются представители разных профессий. Самым крупным проектом последнего времени стал проект Института биологии Коми НЦ УрО РАН «Распространение инвазивных видов растений (РИВР)». Проектом управляет группа ученых: И. В. Далькэ, И. Ф. Чадин, Е. Г. Мадн (Далькэ и др., www.ib.komisc.ru). База данных имеет визуализацию на карте. И, казалось бы, данный проект должен был помочь в уточнении границ распространения *H. sosnowskyi*, но факты показали другое. В 2018–2019 годах нами было получено предложение от NordStream 2 AG оценить площадь поражения борщевиком Сосновского территории Кургальского заказника (Кингисеппский район Ленинградской области). Мы решили воспользоваться информацией из базы РИВР, в которой указаны 3 находки *H. sosnowskyi* на территории Кургальского заказника. При посещении данных участков выяснилось, что данные РИВР не отражают реальные факты. На одной из точек нами был обнаружен дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), на другой купырь лесной *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm и только на последней точке предстала гигантская популяция *H. sosnowskyi*, крупнейшая в Кингисеппском районе Ленинградской области. Соответственно, нами сделан вывод, что привлечение к заполнению данных широко круга неспециалистов приводит к искажению действительности.

Аналогичная ситуация складывается и при попытке уточнить границы борщевика, используя спектральный анализ космоснимков (Sentinel-2A, Landsat 7 и 8, Канопус-В, Ресурс-П и др.) и данные Совзонда. Государственный университет Аэрокосмического приборостроения и Центр космических услуг «Космоинформ-Центр», при участии Е. Ф. Чичковой, А. Н. Григорьева (2018), Д. М. Рыжикова (2017) и др. провели работу по определению способов определения зон произрастания борщевика Сосновского по аэрокосмическим данным. В результате было выяснено, что отражаемый спектр *H. sosnowskyi* совпадает с *Echinocystis echinata* (L. D. Muhl.) Britton, Sterns & Poggenb. на снимках Совзонда. А верификация данных на полевых объектах позволяет выявить границу спектрального отражения собственно *H. sosnowskyi*. В результате создано несколько программ для оценки изменений на местности по мультиспектральным снимкам, зарегистрирован патент на изобретение № 2657363 «Способ определения параметров состояния почвенно-растительного покрова по данным многоспектрального аэрокосмического зондирования».

Полевая верификация данных нашла отражение в исследованиях Н. Н. Луневой, А. Н. Афонина и Ю. С. Ли (2017). Используя данные GPS местонахождения *H. sosnowskyi*, показатели гидротермического коэффициента из «Агроэкологического атласа» и уточненные температурные карты территории России и сопредельных стран, подготовленные в рамках проекта СПбГУ 0.37.526.2013., исследователи смогли уточнить границу суходольного распространения борщевика Сосновского на южном пределе вторичного ареала.

Все выше приведенные примеры еще раз подчеркивают, что работа по использованию ГИС-технологий ведется по разным направлениям научными организациями России.

Возвращаясь к проекту по Кургальскому заказнику, необходимо отметить следующее:

- первоначально оценка зараженности территории *H. sosnowskyi* была проведена по космоснимкам Landsat 1–4, 7, 8;
- маршрутным методом с фиксированием опорных точек по GPS были очерчены границы распространения *H. sosnowskyi*;
- проверены данные о местах произрастания борщевика Сосновского, полученные по космоснимкам и из открытой базы данных РИВР;
- выявлено, что космоснимки не отражают полной действительности, а только позволяют уточнить границы на открытых участках, что не дает возможности определить точную площадь поражения;
- на исследованной территории борщевик Сосновского был выявлен нами в различных лесных сообществах, что одномоментно увеличило площадь поражения на 15 %.

Данный проект был направлен на оценку площади занятой *H. sosnowskyi* и дальнейший подсчет экономических затрат для уничтожения борщевика. Благодаря полевой верификации данных различных БД и космоснимков удалось точно оценить затраты компании Nord Stream 2 AG. По оценкам экспертов самой компании, использовавших только космоснимки, первоначальная площадь была меньше, так как не учитывалась территория лесных сообществ. Нами были построены карты и подсчитана площадь поражения (133 га). В 2019 году начата работа по уничтожению борщевика, которая будет продолжена в 2020 году. На сегодняшний день, благодаря инициативе NordStream 2 AG, удалось значительно сократить количество растений *H. sosnowskyi* на единицу площади ООПТ Кургальского заповедника.

Благодарности

Благодарим компанию Nord Stream 2 AG за финансирование проекта по «Изучению заражения инвазивными видами растений ООПТ Кургальский заказник».

Литература

- Афонин А. Н., Лунева Н. Н., Ли Ю. С., Коцарева Н. В. Эколого-географический анализ распространения и встречаемости борщевика сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в связи со степенью аридности территорий и его картирование для европейской территории России // Экология. 2017. Т. 48. № 1. С. 86–89. DOI: [10.7868/S0367059717010036](https://doi.org/10.7868/S0367059717010036)
- Григорьев А. Н., Рыжиков Д. М. Общая методика и результаты спектрометрического исследования отражательных свойств борщевика Сосновского в диапазоне 320–1100 нм в интересах дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 1. С. 183–192. DOI: [10.21046/2070-7401-2018-15-1-183-192](https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-1-183-192)
- Далькэ И. В., Чадин И. Ф., Мади Е. Г. Распространение инвазивных видов растений (на примере борщевика Сосновского). Информационная система РИБР. URL: <https://ib.komisc.ru/add/rivr/> (дата обращения: 12.02.2020).
- Рыжиков Д. М. Метод обработки мультиспектральных спутниковых данных для решения задачи контроля зон произрастания борщевика Сосновского // Информационно-управляющие системы. 2017. № 6 (91). С. 43–51. DOI: [10.15217/issn1684-8853.2017.6.43](https://doi.org/10.15217/issn1684-8853.2017.6.43)

БАЗА ДАННЫХ CLAVARIAWORLD И РЕЗУЛЬТАТЫ КАРТИРОВАНИЯ ВИДОВОГО БОГАТСТВА КЛАВАРИОИДНЫХ ГРИБОВ

Ширяев А. Г.¹, Пейнтнер У.², Кнудсен Х.³

¹*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
Екатеринбург, Россия*

²*Институт микробиологии, Университет Инсбрука, Австрия*

³*Университет Копенгагена, Копенгаген, Дания*

CLAVARIAWORLD DATABASE AND RESULTS OF MAPPING SPECIES RICHNESS OF CLAVARIOID FUNGI

Shiryaev A. G.¹, Peintner U.², Knudsen H.³

¹*Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

²*Institute of Microbiology, Innsbruck University, Austria*

³*University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark*

Corresponding e-mail: anton.g.shiryaev@gmail.com

Summary: CLAVARIAWORLD database has been under development for 21 years. Currently, it includes 82 192 records of clavarioid fungi in the world. Based on this database, the principles of the spatial distribution of Russia's mycobiota for «grain» of 100 000 km² were established, and zonal-landscape mycogeographic zoning of Northern Eurasia was carried out. Reducing the size of the studied «grain» to 100 km² allowed mapping the distribution of species richness for the Eurasian Arctic and Northern Eurasia.

Keywords: biogeography, fungal ecology, spatial distribution, diversity, latitudinal gradient

С 1999 года автором разрабатывается база данных (БД) CLAVARIAWORLD, в которой на 01.01.2020 зарегистрированы 82 192 единицы учета, касающиеся находок клавариоидных грибов (Basidiomycota) по всему миру. Данный массив представлен следующими основными категориями:

19 865 единиц учета – это гербарные образцы клавариоидных грибов, собранные А. Г. Ширяевым, а также образцы, переданные другими исследователями в коллекцию ИЭРиЖ УрО РАН;

15 307 – записи из полевых дневников о находках обычных широко распространенных видов, легко идентифицируемых в поле, а также их фотографии (например, *Typhula uncialis*, *Artomyces pyxidatus*, *Clavulina cristata* и др.) с точным описанием биотопа, субстрата и географических координат места находки;

41 228 – данные, которые предоставлены кураторами микологических коллекций различных научных организаций мира;

5 792 – данные из публикаций и открытых БД, например, таких как GBIF.

Четверть единиц учета, выявленных в Сибири, собрана любителями, непрофессиональными микологами. Особый плюс сотрудничества с такими любителями заключается в том, что они коллекционируют материал в районах, редко посещаемых профессиональными микологами

(Эвенкия, север Иркутской области, запад и юг Якутии, север Байкала, Чукотка и др.). Они же оказывают существенную поддержку при организации и проведении наших исследований, например в рамках проекта Международная транссибирская международная микологическая экспедиция. Стоит отметить, что часть БД уже размещена на портале GBIF (Abarenkov, 2020; Filippova et al., 2020).

Данные БД CLAVARIAWORLD использовались для установления принципов пространственного распределения видового богатства клавариоидных грибов России для размера «зерна» в 100 тыс. км² (Ширяев, 2014). Работа с данным масштабом позволила оценить общий принцип пространственного распределения биоразнообразия, а также провести ландшафтно-зональное районирование изучаемой группы грибов (Shiryaev et al., 2016).

Также проведены исследования пространственного распределения видового богатства для локалитетов, «зерна» площадью 100 км², что позволило составить карту пространственного распределения видового богатства клавариоидных грибов евразийской Арктики и Западно-Сибирской равнины (Shiryaev, Morozova, 2018; Ширяев, Морозова, 2019).

Основной поток информации соответствует последним 40 годам. При этом БД разбита на четыре временных отрезка, каждый длиной в 20 лет (1940–1959, 1960–1979, 1980–1999, 2000–2019). Это позволяет оценить динамику видового состава и видового богатства микобиоты в различных частях планеты. Например, наше исследование позволило установить основные параметры динамики микобиоты Арктики за 60-летний период в связи с потеплением в высоких широтах. Линии видового богатства в 30 и 40 видов в Европе и Западной Сибири за прошедшие 20 лет сдвинулись на север на 100–170 км (Shiryaev et al., 2019). На Полярном Урале, при росте среднегодовой температуры воздуха на 1 °С, в локалитетах площадью 100 км² число видов клавариоидных грибов возрастает на 30–45 %, что в 2–5 раз выше по сравнению с южно- и подтаежными районами.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00398 А).

Литература

- Ширяев А. Г. Пространственная дифференциация биоты клавариоидных грибов России: эколого-географический аспект. Дис. ... д-ра биол. наук / Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. М., 2014. 304 с.
- Ширяев А. Г., Морозова О. В. Методологическая основа и результат картирования видового богатства микобиоты в континентальном масштабе // География и современные проблемы географического образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Почетного члена Русского географического общества, доктора географических наук, профессора В. И. Прокаева. Екатеринбург, 2019. С. 69–75.
- Abarenkov K. Natural History Museum, University of Tartu, 2015. Occurrence dataset. Pluto F. DOI: [10.15156/bio/587444](https://doi.org/10.15156/bio/587444) (accessed via GBIF.org on 2020-02-13).
- Filippova N., Arefyev S., Bulyonkova T., Zvyagina E., Kapitonov V., Makarova T., Mukhin V., Stavishenko I., Tavshanzhi E., Shiryaev A., Tolpysheva T., Sedelnikova N. Fungal records database of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra (Russia, West Siberia). Occurrence dataset. Yugra State University Biological Collection (YSU BC), 2020. DOI: [10.15468/hfje31](https://doi.org/10.15468/hfje31) (accessed via GBIF.org on 2020-02-13).
- Shiryaev A. G., Moiseev P. A., Peintner U., Devi N., Kukarskih V., Elsakov V. Arctic greening caused by warming contributes to compositional changes of mycobiota at the Polar Urals // *Forests*. 2019. V. 10 (12). P. 1112.
- Shiryaev A. G., Morozova O. V. Spatial distribution of species diversity of clavarioid fungi in West Siberia // *Contemporary problems of ecology*. 2018. V. 11 (5). P. 514–526.
- Shiryaev A. G., Ravkin Y. S., Yefimov V. M., Bogomolova I. N., Tsybulin S. M. Spatio-typological differentiation of clavarioid mycobiota in Northern Eurasia // *Contemporary problems of ecology*. 2016. V. 9 (5). P. 535–543.

**АГАРИКОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ БЕРЕЗНЯКА РАЗНОТРАВНОГО
(ПЕРМСКИЙ КРАЙ, ПОДЗОНА ЮЖНОЙ ТАЙГИ)**

Шишигин А. С.

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь, Россия*

**AGARICOID BASIDIOMYCETES OF BIRCH FOREST OF VARIOUS GRASSES
(PERM REGION, SUBZONE OF THE SOUTHERN TAIGA)**

Shishigin A. S.

*Perm State National Research University, Perm, Russia,
ORCID: [0000-0002-9241-0191](https://orcid.org/0000-0002-9241-0191)*

Corresponding e-mail: shishigin1992@mail.ru

Summary: as a result of stationary observations in birch forest of various grasses (Perm region, subzone of the southern taiga) in 2010, 61 species of agaricoid basidiomycetes belonging to 27 genera, 10 families and 3 orders were identified. Mushrooms from the families Tricholomataceae, Cortinariaceae, and Russulaceae prevail, which is typical for the boreal zone.

Keywords: agaricoid basidiomycetes, birch forest of various grasses, Perm Region

Введение

Агарикоидные базидиомицеты являются гетеротрофным компонентом лесных сообществ, они обеспечивают состояние стабильности экосистем, вступая в консортивные отношения с высшими сосудистыми растениями. Стационарные наблюдения позволяют количественно оценить и выявить структуру грибного компонента, поэтому данные исследования очень важны для понимания развития лесных экосистем.

Целью работы является изучение биоразнообразия, экологии и продуктивности агарикоидных базидиомицетов березняка разнотравного. Для достижения цели были определены следующие задачи: 1) проведение таксономического и эколого-трофического анализа; 2) определение доминирующих видов грибов по числу и биомассе базидиом (по декадам августа); 3) определение «урожайности» грибов (по декадам августа); 4) выявление съедобных, несъедобных и ядовитых видов грибов.

Материалы и методы

В Пермском крае (Добрянский городской округ, ООПТ «Верхняя Кважва») в лесных ценозах проводится мониторинг агарикоидных базидиомицетов стационарным методом. В 1975 г. Л. Г. Переведенцевой (1999) в березняке разнотравном была заложена пробная площадь, размером 50 × 20 м. Сбор грибов проводился в августе–сентябре. Учет видового разнообразия, количества и биомассы плодовых тел грибов осуществлялся один раз в декаду. Первая серия наблюдений была проведена в 1975–1977 гг., вторая – в 1994–1996 гг., третья – в 2010–2012 гг. Материалом для данного сообщения послужили результаты исследований, проведенных в 2010 г. в березняке разнотравном. Исследуемая территория относится к южно-таежным, пихтово-еловым лесам, с наличием липы в древесном ярусе (Овеснов, 2000).

В березняке разнотравном в августе 2010 г. наибольшие температуры воздуха отмечены в первую декаду, а наименьшие – в третью декаду исследований. Максимальная сумма осадков была обнаружена в третью декаду, минимальная – в первую декаду августа. Наибольшая средняя температура в течение трех месяцев (июль–сентябрь) отмечена в июле, а максимальная сумма осадков зафиксирована в августе. Самые низкие температуры были зафиксированы в сентябре.

Исследуемый биогеоценоз занимает равнинное плато на месте вырубленного елового леса. Возраст около 85 лет. Состав древостоя 10Б + Е. Сомкнутость крон 0.5. В подросте преобладает *Picea obovata* Ledeb. и *Abies sibirica* Ledeb. Проективное покрытие травяного яруса 80–90 %. Из разнотравья доминируют такие растения, как *Aegopodium podagraria* L., *Oxalis acetosella* L., *Dryopteris carthusiana* Vill. Довольно часто встречаются *Asarum europaeum* L., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Pulmonaria obscura* Dumort. Подлесок сильно развит, состоит из *Rubus idaeus* L., *Lonicera xylosteum* L., и *Padus avium* Mill. Моховой покров представлен зелеными мхами, растущими около стволов деревьев. В лесу много валежника. Почва дерново-сильнопodzolistая, супесчаная.

Изучение микропризнаков и идентификация грибов проводилась на кафедре ботаники и генетики растений Пермского государственного национального исследовательского университета. В работе использовались микроскопы ZEISS Axio Imager A2 и Olympus BX51.

Степень сходства или различия видового состава грибов по декадам наблюдений вычислялась при помощи коэффициентов общности, вычисленных по формуле Жаккара (Грейг-Смит, 1967):

$$J = \frac{c}{a+b-c} \cdot 100, \quad (1)$$

где J – индекс общности;

c – число общих видов в двух сравниваемых биоценозах;

a, b – число видов грибов в каждом из ценозов.

Доминирующие виды грибов устанавливались по числу базидиом (шт/га) и по их воздушно-сухой биомассе (г/га). Для выявления доминирующих видов грибов по биомассе и числу базидиом использовался индекс доминирования (Vochus, Babos, 1960):

$$D = \frac{a}{b} \cdot 100, \quad (2)$$

где D – индекс доминирования;

a – число базидиом (или биомасса) грибов данного вида;

b – число базидиом (или биомасса), собранных на всей учетной площади.

К доминантам были отнесены лишь те виды грибов, которые имеют индекс доминирования равный 5 или более, что составляет 5 % или более от общего числа плодовых тел или их биомассы.

Состав эколого-трофических групп грибов и их соотношение в березняке разнотравном определялись по шкале, предложенной А. Е. Коваленко (1980), с дополнениями О. В. Морозовой (2001). Список видов агарикоидных грибов составлен по системе, принятой М. Мозером (Moser, 1983), с некоторыми дополнениями. В скобках указаны синонимы грибов в соответствии с современной классификацией (Mycobank Databases).

Результаты и их обсуждение

В березняке разнотравном в 2010 г. выявлен 61 вид агарикоидных базидиомицетов, относящихся к 27 родам, 10 семействам и 3 порядкам. Ведущими по числу видов являлись семейства Tricholomataceae (24 вида; 39.3 %), Cortinariaceae (14 видов; 23.0 %) и Russulaceae (8 видов; 13.1 %). Представители трех ведущих семейств содержат 46 видов грибов или 75.4 %. Преобладание данных семейств характерно для всей лесной зоны Евразии и отражает бореальный характер микобиоты (Переведенцева, 1999; Морозова, 2001). Самыми распространенными родами были: *Mycena* (10 видов), *Collybia* (6), *Russula* (5), *Cortinarius* (4), *Galerina* (4), *Inocybe* (4), что характерно для подзоны южной тайги.

В течение августа 2010 г. отмечалось изменение видового состава агарикоидных грибов. Так, в I декаду наблюдений было выявлено 8 видов (13.1 % от общего количества грибов, обнаруженных в 2010 г.), во II – 4 вида (6.6 %), а в III декаду – 19 видов (31.1 %). В сентябре обнаружен 41 вид грибов, из которых 37 видов были отмечены только в это время. Вычислив коэффициенты сходства по видовому разнообразию грибов, мы установили, насколько интенсивно произошло изменение биоты агарикоидных базидиомицетов по декадам августа. Коэффициенты Жаккара ($J \cdot 100$) по видовому составу грибов между декадами варьировали от 9 до 17 ($J_{I-II} = 9$, $J_{II-III} = 15$, $J_{I-III} = 17$) (римскими цифрами обозначены декады августа). Столь низкие значения коэффициентов сходства свидетельствуют о довольно резкой смене видового состава грибов в течение августа.

В 2010 г. в березняке разнотравном наблюдается появление 15 видов грибов, которые не встречались в предыдущие периоды исследований. Новыми оказались такие виды, как *Collybia exsculpta* (Fr.) Gillet (= *Gymnopusocior* (Pers.) Antonín & Noordel.), *Cortinarius collinitus* (Sowerby) Gray, *Mycena algeriensis* и другие. Общий список агарикоидных базидиомицетов березняка разнотравного за 1975–1977 гг., 1994–1996 гг. и 2010 г. достиг 220 видов и внутривидовых таксонов, входящих в состав 59 родов, 14 семейств и 4 порядков.

В березняке разнотравном в 2010 г. выявлено 5 эколого-трофических групп грибов: микоризообразователи, ксилотрофы, подстилочные сапротрофы, бриотрофы, и микотрофы. Наиболее многочисленными оказались эктомикоризные грибы (26 видов, или 42,6 % от общего числа обнаруженных видов в 2010 г.) и ксилотрофы (19 видов, или 31,1 %). Самыми малочисленными были микотрофы и бриотрофы, к которым относилось по одному виду грибов. Видовой состав эктомикоризных грибов по декадам наблюдений подвергался большей трансформации, в отличие от других эколого-трофических групп ($J_{\max} = 11$). Наименьшему преобразованию по декадам августа подвергался видовой состав подстилочных сапротрофов ($J_{\max} = 40$).

В исследуемом биогеоценозе в 2010 г. выявлено 8 видов грибов, доминирующих либо по биомассе, либо по числу базидиом. По числу базидиом количество доминантов по декадам варьировало от 3 до 4 видов, по биомассе от 1 до 3 видов. Коэффициенты сходства, вычисленные для доминантов по декадам августа, варьировали от 0 до 33 (по числу базидиом: $J_{I-II} = 14$, $J_{II-III} = 17$, $J_{I-III} = 17$; по биомассе: $J_{I-II} = 0$, $J_{II-III} = 33$, $J_{I-III} = 0$). На протяжении трех декад августа общим доминантам по числу базидиом был *Pluteus atricapillus* (Batsch) Fayod. (= *Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm.). Доминанты по биомассе базидиом во все декады августа были разные.

В третью декаду исследований отмечаются самые большие «урожаи» грибов по числу и биомассе базидиом. Вторая декада характеризуется самыми низкими «урожаями» по обоим показателям. В целом за август 2010 г. по сравнению с предыдущими годами исследований (1975–1977 гг., 1994–1996 гг.) зафиксированы низкие «урожаи» грибов по числу (760 шт/га) и

биомассе (457 г/га) базидиом, что может быть связано с низким уровнем осадков и высокой температурой воздуха в предыдущий месяц.

Из всех обнаруженных в 2010 г. агарикоидных базидиомицетов наибольшее количество относилось к несъедобным видам (30 видов; 49.2 %). Самыми малочисленными были ядовитые грибы (6 видов; 9.8 %). К ним относились *Amanita muscaria* (L.) Lam., *Inocybe asterospora* Quél., *Muscena pura* (Pers.) P. Kumm. и другие.

Заключение

Таким образом, в березняке разнотравном в 2010 г. был обнаружен 61 вид агарикоидных базидиомицетов, относящихся к 27 родам, 10 семействам и 3 порядкам. Ведущими по числу видов являлись семейства Tricholomataceae, Cortinariaceae и Russulaceae, что характерно для лесной зоны Евразии. Все виды грибов березняка разнотравного относились к 5 эколого-трофическим группам. Наиболее широко представлены эктомикоризные грибы и ксилотрофы. В течение августа 2010 г., отмечается резкое изменение видового состава грибов по декадам: коэффициенты сходства между ними варьировали от 9 до 17 ($J_{I-II} = 9$, $J_{II-III} = 15$, $J_{I-III} = 17$).

Литература

- Грейг-Смит П. Количественная экология растений: пер. с англ. М.: Мир, 1967. 359 с.
- Коваленко А. Е. Экологический обзор грибов из порядков Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., Russulales в горных лесах центральной части Северо-Западного Кавказа // Микология и фитопатология. 1980. Т. 14. Вып. 4. С. 300–314.
- Морозова О. В. Агарикоидные базидиомицеты подзоны южной тайги Ленинградской области. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2001. 27 с.
- Овеснов С. А. Ботанико-географическое районирование Пермской области // Вестн. Перм. ун-та. 2000. Вып. 2: Биология. С. 13–21.
- Переведенцева Л. Г. Биота и экология агарикоидных базидиомицетов Пермской области. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: Наука, 1999. 48 с.
- Moser M. Die Rohrlinge und Blätterpilze (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales) // Kleine Kryptogamenflora. Bd. 2b. 2. Stuttgart, New York, 1983. 533 S.
- MycoBank Database. URL: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 14.01.2020).

***ERIGERON ANNUUS* (L.) PERS –
НОВЫЙ ВИД ВО ФЛОРЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Шлыкова Н. А.¹, Третьякова А. С.^{1,2}, Груданов Н. Ю.^{1,2}

¹Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

²Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

***ERIGERON ANNUUS* (L.) PERS –
A NEW SPECIES IN THE FLORA OF THE SVERDLOVSK REGION**

Shlykova N. A.¹, Tretyakova A. S.², Grudanov N. Yu.³

¹Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,

ORCID: [0000-0002-8745-3162](https://orcid.org/0000-0002-8745-3162)

²Ural Federal University, Botanical Garden of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,

ORCID: [0000-0001-8735-4482](https://orcid.org/0000-0001-8735-4482)

³Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia,

ORCID: [0000-0002-0498-2975](https://orcid.org/0000-0002-0498-2975)

Corresponding e-mail: shlykova_39@mail.ru

Summary: data about new findings of an alien species *Erigeron annuus* (L.) Pers. in the flora of the Sverdlovsk Region is presented. Locations of this species in the region are indicated. Brief information on its distribution in the Russian Federation and in the Urals is given.

Keywords: *Erigeron annuus* (L.) Pers, aliens plants, Middle Urals, Sverdlovsk region

Интерес к адвентивному компоненту флор активизировался еще в 70-е годы XX века. Среди обзора таких работ (Виноградова и др., 2010) самая первая – статья П. Л. Горчаковского (1979).

В настоящее время изучению инвазионных видов, механизмов их внедрения, характера миграций уделяется большое внимание практически во всех странах. Значимость этих исследований усиливается в связи с реализацией Стратегии по инвазионным видам в Европе. Основными направлениями исследования биологических инвазий являются оценка степени натурализации адвентивных растений и выявление факторов, способствующих их успешной натурализации в пределах вторичного ареала.

Видовой состав адвентивного компонента очень динамичен. Повсеместно ежегодно фиксируются новые находки адвентивных видов. В связи с этим сохраняется актуальность мониторинговых наблюдений адвентивных растений с целью фиксирования новых находок и контроля активности в условиях вторичного ареала.

В настоящее время в Свердловской области выполнен большой объем исследований адвентивных растений: дана подробная биоэкологическая характеристика адвентивной фракции флоры, выявлены закономерности распределения чужеродных растений в естественных и

антропогенных местообитаниях, изучена динамика биологического разнообразия адвентивных растений в области за весь период флористических исследований. Адвентивный компонент флоры региона продолжает пополняться. В настоящем сообщении нами приведены сведения о находках нового адвентивного вида для флоры области – мелколепестника однолетнего.

Erigeron annuus (L.) Pers. – мелколепестник однолетний – впервые описан из Канады как *Aster annuus* L. В Европу был завезен в XVII в. как декоративное растение. В настоящее время вторичный ареал включает Европу, Азию (Турция, Китай, Индия, Корея, Непал, Япония), Северную и Центральную Америку и Новую Зеландию (Виноградова и др., 2010). В России мелколепестник однолетний встречается в Европейской части и внесен в Черную книгу флоры Средней России (Виноградова и др., 2010). Во флоре Дальнего Востока произрастает по лесным вырубкам, обочинам дорог, на заброшенных полях (Баркалов, 1992). В Сибири встречается редко, в качестве ушедшего из культуры (Лазинский и др., 2010; Зыкова и др., 2019).

На Урале отмечен как редкий адвентивный вид на территории Челябинской области (Куликов, 2005) и Пермского края (Овёснгов, 1997). Это рудеральное однолетнее растение. По способу заноса – ксено-эргазиофит. По степени достигнутой натурализации – колонофит.

Во флоре Свердловской области вид не указывался (Определитель..., 1994; Третьякова, 2011). Впервые в Свердловской области обнаружен Д. С. Шиловым в 2017 г. в лесопарке имени Лесоводов России города Екатеринбурга, где встречается в рудеральных местообитаниях и на нарушенных участках луговых сообществ. Встречается очень редко (Шилов, Третьякова, 2018). Гербарный образец хранится в гербарии Института экологии растений и животных УрО РАН (SVER).

Кроме того, вид обнаружен в 2017 г. как сорняк в огороде на склоне горы на юго-восточной окраине города Екатеринбурга сотрудником Ботанического сада УрО РАН А. М. Бирюковой: (поселок Нижне-Исетский 56°45'00" с. ш. 60°40'30" в. д., Чкаловский район города, у восточных склонов Уктусских гор).

Отмечено успешное возобновление вида в 2018, 2019 гг. Гербарный образец взят в 2018 г., хранится в гербарии Ботанического сада УрО РАН.

Гербарий Ботанического сада УрО РАН создан на основе сборов сотрудников Лесной опытной станции (ЛОС) ВНИИЛМ, ряда лабораторий Института экологии растений и животных УрО РАН (Института леса УрО РАН в 1988–2008 гг.), Ботанического сада УрО РАН. В настоящее время гербарий насчитывает около 2.5 тысяч образцов. В 2016 г. начато создание электронной базы гербарных образцов.

Еще одна находка вида, также с территории города Екатеринбурга, сделана в 2019 г. Н. Ю. Грудановым: сорное растение на газоне на перекрестке улиц Первомайская и Комсомольская, около здания УрО РАН. Гербарный образец хранится в гербарии Уральского федерального университета (UFU).

Таким образом, нами отмечены первые находки мелколепестника однолетнего во флоре Свердловской области. В настоящее время мы не наблюдаем активное освоение новых территорий этим видом. *Erigeron annuus* находится на Урале на начальной стадии своей натурализации – эфемерофит, или колонофит. Однако, с учетом его агрессивности в Средней России, необходимо вести контроль встречаемости этого вида.

Литература

- Баркалов В. Ю. Триба Asteraceae O. Hoffm. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. СПб., 1992. Т. 6. С. 54–92.
- Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.

- Горчаковский П. Л. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли // Ботанический журнал. 1979. Т. 64. № 12. С. 1697–1713.
- Зыкова Е. Ю., Эбель А. Л., Эбель Т. В., Шереметова С. А. Новые находки адвентивных видов растений в Республике Алтай // Turczaninowia. 2019. Т. 22. № 1. С. 111–121.
- Куликов П. В. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 969 с.
- Лацинский Н. Н., Королюк А. Ю., Лацинская Н. В., Королюк Е. А. Находки редких и заносных видов сосудистых растений в Омской, Новосибирской и Тюменской областях и Алтайском крае // Turczaninowia. 2010. Т. 13. № 1. С. 117–123.
- Овёсцов С. А. Конспект флоры Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1997. 252 с.
- Определитель сосудистых растений Среднего Урала / П. Л. Горчаковский и др. М.: Наука, 1994. 525 с.
- Третьякова А. С. Флора Екатеринбурга. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. 190 с.
- Шилов Д. С., Третьякова А. С. Конспект флоры сосудистых растений Лесопарка имени Лесоводов России (г. Екатеринбург, Свердловская область) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12. № 1. С. 74–94.

БАЗА ДАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИСТЬЕВ СТЕПНЫХ РАСТЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Юдина П. К.^{1,2}, Иванов Л. А.^{1,2}, Ронжина Д. А.^{1,2},
Мигалина С. В.^{1,2}, Калашникова И. В.¹, Иванова Л. А.^{1,2}

¹*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

²*Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия*

DATA BASE ON LEAF FUNCTIONAL TRAITS OF STEPPE PLANTS OF NORTHERN EURASIA

Yudina P. K.^{1,2}, Ivanov L. A.^{1,2}, Ronzhina D. A.^{1,2},
Migalina S. V.^{1,2}, Kalachnikova I. V.¹, Ivanova L. A.^{1,2}

¹*Botanical Garden of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

²*Tyumen State University, Tyumen, Russia*

Corresponding e-mail: yudina.p@yandex.ru

Summary: a database of quantitative parameters of leaves of steppe plants of Northern Eurasia has been created. The database contains data on more than 20 quantitative parameters of leaves for more than 600 species of steppe plants of Northern Eurasia.

Keywords: aridity, steppe, leaf traits, mesophyll

Структурно-функциональные параметры растений – важные инструменты, позволяющие описывать и предсказывать изменения в различных масштабах от органа до экосистемы (Garnier et al., 2004; Violle et al., 2007; Shipley et al., 2016). Исследование функциональных признаков позволяет прогнозировать экологические особенности видов в разных условиях среды (Gratani, 2014; Shipley et al., 2016). Функциональные признаки степных растений в настоящее время мало изучены. Создание базы данных (database, DB) по функциональным параметрам листьев степных растений позволяет упорядочить, систематизировать и сохранить существующий набор полученных данных по степным растениям. Кроме того, хранение данных в DB обеспечивает централизованное управление, соблюдение стандартов, безопасность и целостность данных, сокращает избыточность и устраняет противоречивость данных.

Создана база данных количественных показателей структуры мезофилла листа более 600 видов степных растений, обитающих на территории России, Казахстана и Монголии. В базе данных представлены растения, отобранные на участках лесостепи, степи и опустыненной степи на территории России. В Поволжье изучено 32 вида растений из разнотравной луговой степи, дерновинно-злаковой степи и опустыненной злаково-полынной степи. На Урале изучено около 80 видов растений, преимущественно отобранных на участках реликтовых петрофитно-разнотравно-ковыльных степей, разнотравно-ковыльной степи, и петрофитно-разнотравно-злаковой степи. Около 50 видов растений изучено в Западном Забайкалье на реликтовых участках луговой степи в лесной зоне, а также в петрофитных злаково-разнотравной настоящей степи и дерновинно-злаковой степи. Далее в базе данных представлены виды растений,

отобранные на степных и пустынно-степных участках на территории Казахстана (около 40 видов) и Монголии (более 350 видов). В базу данных введена информация об основных количественных показателях структуры листа: площадь листа, толщина листа, размеры клеток и хлоропластов, количество клеток и хлоропластов в единице площади листа, количество хлоропластов в клетке, а также интегральные показатели мезофилла листа – общая поверхность мембран клеток и хлоропластов на единицу площади листа. Для растений, имеющих несколько типов клеток хлоренхимы – палисадная и губчатая (для C_4 -растений мезофилл и обкладка), приведены характеристики для разных типов тканей. Кроме того, в базу данных включены основные эколого-биологические характеристики видов, включающие жизненную форму, экологическую группу, тип экологической стратегии, географический элемент, зональную приуроченность. База данных создана с MS Excel и MS Access. В настоящее время база данных используется в сравнительных эколого-физиологических исследованиях для изучения адаптации растений к основным экологическим факторам (Иванов и др., 2004а, 2004б; 2007, 2013; Иванова, 2012, 2014; Ivanova et al., 2018, 2019), а также изучения внутривидового варьирования параметров мезофилла листа в зависимости от условий произрастания (Иванов и др., 2016; Юдина и др., 2017). Помимо этого, база данных используется для создания функциональной классификации растений (Иванов и др., 2008; Ivanova et al., 2018, 2019), идентификации типов растений степной и лесостепной зоны с целью их использования при глобальном экологическом мониторинге и прогнозировании растительности при климатических изменениях.

Благодарности

Работа выполнена в рамках бюджетной темы Ботанического сада УрО РАН, и поддержана грантами РФФИ 19-54-53015, 17-29-05019.

Литература

- Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Иванова Л. А., Чечулин М. Л., Белоусов И. В., Гунин П. Д., Пьянков В. И. Структурно-функциональные особенности адаптации растений Гоби к аридизации климата // Аридные экосистемы. 2004а. Т. 10. № 24-25. С. 90–102.
- Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Чечулин М. Л., Царенханд Г., Гунин П. Д., Пьянков В. И. Структурно-функциональные основы экспансии *Ephedra sinica* в степных экосистемах Монголии // Физиология растений. 2004б. Т. 51. № 4. С. 521–528.
- Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Циглер Х., Дайгеле Х., Гунин П. Д., Пьянков В. И. Влияние межвидовой конкуренции на функциональные свойства растений в горно-степных сообществах Гоби // Экология. 2007. № 3. С. 172–177.
- Иванов Л. А., Ронжина Д. А., Иванова Л. А. Изменение листовых параметров как показатель смены функциональных типов степных растений вдоль градиента аридности // Физиология растений. 2008. Т. 55. С. 332–339.
- Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А. Закономерности изменения удельной плотности листьев у растений Евразии вдоль градиента аридности // Доклады Академии наук. 2009. Т. 428. № 1. С. 135–138.
- Иванова Л. А. Структурная перестройка мезофилла листа в ряду жизненных форм растений // Доклады Академии наук. 2012. Т. 447. № 6. С. 687–690.
- Иванов Л. А., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Юдина П. К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 6. С. 856–864. DOI: [10.7868/S0015330313050072](https://doi.org/10.7868/S0015330313050072)
- Иванова Л. А. Адаптивные признаки структуры листа растений разных экологических групп // Экология. 2014. № 2. С. 109–118. DOI: [10.7868/S0367059714020024](https://doi.org/10.7868/S0367059714020024)
- Иванов Л. А., Иванова Л. А., Мигалина С. В., Юдина П. К., Дробышев Ю. И., Цэрэнханд Г., Цоож Ш., Гунин П. Д. Адаптация фотосинтетической функции пустынно-степного кустарника *Caragana bungei* Ledeb.

- к условиям лиственничного леса горных склонов Хангая в Монголии // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22. № 3 (68). С. 63–75.
- Юдина П. К., Иванова Л. А., Ронжина Д. А., Золотарева Н. В., Иванов Л. А. Варьирование параметров листьев и содержания пигментов у трех видов степных растений в зависимости от аридности климата // Физиология растений. 2017. Т. 64. № 3. С. 190–203. DOI: [10.7868/s0015330317020142](https://doi.org/10.7868/s0015330317020142)
- Garnier E., Cortez J., Billes G., Navas M.-L., Roumet C., Debussche M., Laurent G. R., Blanchard A., Aubry D., Belmann A., Neill C., Toussaint J.-P. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession // Ecology. 2004. V. 85 (9). P. 2630–2637.
- Gratani L. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors // Advances in Botany. 2014. Article ID 208747. 17 p. DOI: [10.1155/2014/208747](https://doi.org/10.1155/2014/208747)
- Ivanova L. A., Yudina P. K., Ronzhina D. A., Ivanov L. A., Hölzel N. Quantitative mesophyll parameters rather than whole-leaf traits predict response of C₃ steppe plants to aridity // New Phytologist. 2018. V. 217. № 2. P. 558–570. DOI: [10.1111/nph.14840](https://doi.org/10.1111/nph.14840)
- Ivanova L. A., Ivanov L. A., Ronzhina D. A., Yudina P. K., Migalina S. V., Shinehuu T., Tserenkhand G., Voronin P. Yu., Anenkhonov O., Bazha S. N., Gunin P. D. Leaf traits of C₃- and C₄-plants indicating climatic adaptation along a latitudinal gradient in Southern Siberia and Mongolia // Flora. 2019. P. 122–134. DOI: [10.1016/j.flora.2018.10.008](https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.10.008)
- Shipley B., De Bello F., Cornelissen J. H. C., Laliberté E., Laughlin D. C., Reich P. B. Reinforcing loose foundation stones in trait-based plant ecology // Oecologia. 2016. V. 180 (4). P. 923–931. DOI: [10.1007/s00442-016-3549-x](https://doi.org/10.1007/s00442-016-3549-x)
- Violle C., Navas M.-L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier E. Let the concept of trait be functional! // Oikos. 2007. V. 116. P. 882–892.

**ИНТЕГРАЦИЯ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ
И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ
В МЕТОДЫ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА**

Якимов В. Н.

*Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия*

**INTEGRATION OF PHYLOGENETIC AND FUNCTIONAL TRAIT DATA
INTO METHODS OF COMMUNITY STRUCTURE ANALYSIS**

Yakimov B. N.

*Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod, Russia,
ORCID: [0000-0001-7150-7851](https://orcid.org/0000-0001-7150-7851)*

Corresponding e-mail: damselfly@yandex.ru

Summary: conventional tools of community structure analysis (diversity indices and similarity indices) imply that species are unique and equidistant structural entities. However, it is well known that species have a system of genealogical relations reflecting their evolutionary history and more or less differ in functional traits. Modern tools of community structure analysis are presented which allow integration of phylogenetic and functional traits data. Their application is illustrated with two case studies: successional dynamics of functional diversity in temperate meadow community, zooplankton community structure in the Cheboksary reservoir on the river Volga.

Keywords: diversity facets, similarity indices, cluster analysis, ordination, vegetation, zooplankton

Традиционными инструментами анализа структуры сообществ являются индексы разнообразия и сходства. Первые являются структурными показателями, вторые составляют основу различных методов сравнительного анализа (кластерный анализ, различные методы ординации).

В последние годы в экологической литературе начал развиваться новый обобщающий подход, который рассматривает три аспекта биоразнообразия и структуры сообществ: таксономический, филогенетический и функциональный (Микрюков и др., 2014; Swenson, 2014). Таксономический аспект является базовым, в его основе лежат представления о том, что виды, составляющие сообщество, являются независимыми и равноудаленными структурными единицами. Два других аспекта учитывают взаимосвязи между видами. Филогенетический аспект использует данные о структуре родственных отношений между видами, представленные в виде филогенетического дерева. Функциональный аспект использует данные о так называемых функциональных признаках, под которыми обычно понимаются признаки, прямо или опосредованно определяющие приспособленность особей (Violle et al., 2007).

Для интеграции филогенетических и функциональных данных в анализ структуры сообществ разработаны специальные индексы, аналогичные традиционным индексам разнообразия и сходства. Информация о родственных отношениях видов имеет вид датированного филогенетического дерева, объединяющего все виды, присутствующие в анализируемом сообществе. Дерево состоит из узлов, соединенных ветвями. Филогенетические

деревья реконструируются на основе молекулярно-генетических данных, для многих систематических групп (в частности, для высших растений, птиц и млекопитающих) опубликованы готовые деревья, которые можно использовать в экологическом анализе.

Основой для интеграции функциональных данных служит матрица расстояний между видами, которая рассчитывается исходя из значений функциональных признаков. Если все признаки имеют количественное выражение, то используется евклидово расстояние, если же в анализе участвуют категориальные признаки, то обычно используется расстояние Говера (Gower, 1971). Функциональные признаки активно накапливаются в результате прикладных исследований и концентрируются в специализированных базах данных для конкретных систематических групп (применительно к растениям крупнейшим источником данных функциональных признаков является база TRY (Kattge et al., 2020)).

Обобщенной формулировкой таксономического разнообразия является семейство индексов, которые называются числами Хилла, или индексами эффективного разнообразия (Hill, 1973; Песенко, 1982). Числа Хилла разных порядков включают в качестве частных случаев практически все наиболее распространенные индексы: видовое богатство, индексы Шеннона, Симпсона, Животовского, Бергера-Паркера. Для филогенетического и функционального аспектов разнообразия разработаны аналогичные параметрические семейства индексов эффективного филогенетического и функционального разнообразия (Chao et al., 2014). Для всех трех семейств индексов разнообразия разработаны методы иерархической декомпозиции на α -, β - и γ -компоненты, что позволяет анализировать три аспекта разнообразия в сравнительном аспекте, причем на разных иерархических уровнях. Этот математический аппарат может быть интегрирован и в более сложные методы анализа, в частности – в мультифрактальный анализ пространственной структуры сообществ (Якимов и др., 2017).

Для анализа функционального разнообразия разработаны также специальные индексы, отражающие распределение видов в многомерном нишевом пространстве, измерения которого сформированы функциональными признаками видов. Выделяют три аспекта распределения видов по этому пространству (Mason et al., 2005): функциональное богатство – объем функционального пространства, заполненного видами; функциональная выровненность – степень регулярности распределения представленностей видов по функциональному пространству; функциональная дивергенция – степень, в которой распределение представленностей по функциональному пространству максимизирует общую изменчивость функциональных признаков в сообществе. Эти аспекты функционального разнообразия полагаются независимыми, для их количественной оценки разработаны соответствующие индексы FRic, FEve и FDiv (Villeger et al., 2008). Помимо расчета этих индексов на основе исходных количественных признаков, существует алгоритм их расчета на основе функциональных расстояний (Laliberte, Legendre, 2010), что позволяет задействовать не только количественные, но и качественные признаки, а также использовать эту методологию для работы с филогенетическим аспектом разнообразия.

Для интеграции функциональных и филогенетических данных в методы сравнительного анализа разработаны соответствующие индексы сходства, рассчитываемые на основе представленностей видов в пробах, а также матрицы функционального либо филогенетического сходства (Pavoine, Ricotta, 2014). Рассчитанная таким образом матрица сходства между пробами преобразуется в соответствующую матрицу расстояний, которая используется в алгоритмах кластерного анализа и ординации.

Практическое применение описанных инструментов анализа структуры сообществ иллюстрируется на двух примерах: 1) исследование динамики функционального разнообразия в луговых фитоценозах в ходе восстановительной сукцессии; 2) анализ структуры зоопланктоценозов речной части Чебоксарского водохранилища.

Благодарности

Исследование поддержано грантами РФФИ (проекты № 18-04-00673 и № 19-04-01084).

Литература

- Микрюков В. С., Воробейчик Е. Л., Михайлова И. Н. Изменение разнообразия эпифитных лишайников в градиенте атмосферного загрязнения: что добавляет учет таксономических, генетических и функциональных дистанций между видами? // Доклады Академии наук. 2014. Т. 454. № 1. С. 115–118. DOI: [10.7868/S0869565214010277](https://doi.org/10.7868/S0869565214010277)
- Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 286 с.
- Якимов В. Н., Гелашвили Д. Б., Розенберг Г. С., Безель В. С. Скейлинг филогенетического разнообразия в сообществах мелких млекопитающих (на примере Нижегородского Поволжья) // Экология. 2017. № 3. С. 210–215. DOI: [10.7868/S0367059717030209](https://doi.org/10.7868/S0367059717030209)
- Chao A., Chiu C.-H., Jost L. Unifying Species Diversity, Phylogenetic Diversity, Functional Diversity, and Related Similarity and Differentiation Measures Through Hill Numbers // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 2014. V. 45. P. 297–324. DOI: [10.1146/annurev-ecolsys-120213-091540](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091540)
- Gower J. C. A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties // Biometrics. 1971. V. 27. P. 857–871. DOI: [10.2307/2528823](https://doi.org/10.2307/2528823)
- Hill M. O. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences // Ecology. 1973. V. 54. P. 427–432. DOI: [10.2307/1934352](https://doi.org/10.2307/1934352)
- Kattge J. et al. TRY plant trait database – enhanced coverage and open access // Global Ecology and Biogeography. 2020. V. 26. P. 119–188. DOI: [10.1111/gcb.14904](https://doi.org/10.1111/gcb.14904)
- Laliberté E., Legendre P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits // Ecology. 2010. V. 91. P. 299–305. DOI: [10.1890/08-2244.1](https://doi.org/10.1890/08-2244.1)
- Mason N. W. H., Mouillot D., Lee W. G., Wilson J. B. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity // Oikos. 2005. V. 111. P. 112–118. DOI: [10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x](https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x)
- Pavoine S., Ricotta C. Functional and phylogenetic similarity among communities // Methods in Ecology and Evolution. 2014. V. 5. P. 666–675. DOI: [10.1111/2041-210X.12193](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12193)
- Swenson N. G. Functional and Phylogenetic Ecology in R. New York: Springer, 2014. 212 p.
- Villéger S., Mason N. W., Mouillot D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology // Ecology. 2008. V. 89. P. 2290–2301. DOI: [10.1890/07-1206.1](https://doi.org/10.1890/07-1206.1)
- Violle C., Navas M., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier E. Let the concept of trait be functional! // Oikos. 2007. V. 116. P. 882–892. DOI: [10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x](https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x)

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПК ARCGIS DESKTOP

Янцер О. В.¹, Вдовин А. С.²

¹Уральский государственный педагогический университет,
Екатеринбург, Россия

²Пфалцверке АГ, Маннхейм, Германия

MAPPING PHENOLOGICAL PHENOMENA USING ARCGIS DESKTOP PC

Yantser O. V.¹, Vdovin A. S.²

¹Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia,
ORCID: [0000-0003-1346-5512](https://orcid.org/0000-0003-1346-5512)

²Pfalzwerke AG, Mannheim, Germany

Corresponding e-mail: ksenia_yantser@bk.ru

Summary: the methodology for compiling phenological maps in the ArcGIS Desktop software is presented using the results of a long-term study of spring development of common bird cherry (*Padus avium*) in the Sverdlovsk region as an example. Mapping of the phenomena made it possible to establish the general spatial patterns of the development of the object and to reveal their relationship with geographical factors.

Keywords: ArcGIS Desktop, mapping, common bird cherry, isophene

Фенологические карты – это тематические географические карты, которые служат основными справочными документами, выявляющими закономерности пространственного размещения сроков наступления сезонных явлений природы и других показателей сезонной ритмики ландшафтов и их компонентов (Янцер, Вдовин, 2019). Фенокарты обычно составляют по данным наблюдений фенологических сетей, включающих многочисленные фенологические пункты, а также по данным дистанционной съемки. Динамика сезонных процессов на фенологических картах изображается изолиниями-изофенами, соединяющими точки с одинаковыми сроками наступления сезонных явлений или одинаковыми значениями других фенологических показателей. Фитофенологические карты, получившие наибольшее развитие в биологических, географических и смежных исследованиях, являются разновидностью фенологических карт и отражают сезонную ритмику отдельных видов растений и всего растительного покрова в целом. Они очень разнообразны по содержанию, назначению, масштабу, по способам характеристики элементов содержания, по характеру оформления.

Для изучения пространственного весеннего развития распространенного феноиндикатора – черемухи обыкновенной (*Padus avium*) в пределах Свердловской области организован феномониторинг в более чем 60 пунктах фенологической сети на участках особо охраняемых природных территорий (ООПТ) и населенных пунктов. ООПТ как пункты наблюдений были выбраны с целью минимизирования и исключения влияния антропогенного воздействия на динамику ландшафтов. Для выявления особенностей сезонных изменений вида на урбанизированных территориях фенологическая съемка проводилась в населенных пунктах и в их окрестностях. Зацветание черемухи является признаком разгара весны, часто ее цветение

сопровождается последними заморозками воздухе и приходом тепла (Минин, Воскова, 2014). Исследование проводилось ежегодно в одну дату – 15 мая с 2011 по 2019 гг. описательным первичным методом, предполагающим доступность, простоту характеристики объекта и удобство для последующей обработки (Янцер, Скок, 2016).

Высокую степень детальности наблюдений за фенологическим состоянием постоянных объектов обеспечивают разработанные Н. В. Беляевой шкалы нормальной последовательности фенофаз – прямой ряд сезонных необратимых явлений с пояснениями. Каждой фазе сезонного развития растения присвоена своя цифровая характеристика. При генерализации массива данных для каждого пункта и каждого года наблюдений выведены средние баллы развития (М) с их стандартными ошибками наблюдений (m). Благодаря данной методике математическая обработка результатов позволяет сделать выводы о достоверности различий.

В настоящей работе приведен опыт картографирования данных всей совокупности балльной цифровой фенологической характеристики объектов. Поскольку для некоторых территорий имеется довольно широкая сеть точек наблюдения (например, для Екатеринбурга, Североуральска, Нижнего Тагила значительно больше результатов, чем по малонаселенным северо-восточным районам области), процесс генерализации массива данных для крупных пунктов позволяет минимизировать ошибки наблюдения.

Составление карт по данным проекта в 2011–2019 гг. осуществлено путем построения поверхности в программном обеспечении (ПО) ArcGIS Desktop. Для обработанных данных Единого фенологического дня проведен процесс геокодирования по адресам и координатам наблюдений, которые были указаны наблюдателями. Геокодирование представляет собой процесс, преобразующий описание местоположения (например, координаты, адрес или название места) в местоположение на поверхности Земли. В нашем случае был использован открытый сервис геокодирования Nominatim (лат. «по имени»), доступный по адресу: <http://nominatim.openstreetmap.org/>. В результате данного процесса нами был получен слой точечных объектов, содержащих географические координаты пунктов наблюдения и результаты наблюдений в баллах. На втором этапе создания фенологической карты на основе полученных в ходе процесса геокодирования пунктов наблюдения путем интерполяции была получена поверхность распределения результатов наблюдения в среде ПО ArcGIS Desktop. Интерполяция – это процесс, использующий измеренные значения в известных опорных точках для прогнозирования (оценки) значения для тех точек, где измерения не проводились. ПО ArcGIS Desktop предоставляет несколько методов интерполяции, которые различаются базовыми допущениями, требованиями к данным и возможностью создавать различные типы выходных данных (например, карты проинтерполированных значений, а также карты ошибок (неопределенности), связанных с интерполяцией). На основе анализа исходных данных, а также приведенной в документации ПО ArcGIS Desktop справочной информации нами для построения поверхности был выбран метод обратно взвешенных расстояний. Согласно данным справочной системы ПО ArcGIS, «метод обратных взвешенных расстояний (IDW) однозначно предполагает, что объекты, которые находятся поблизости, более подобны друг другу, чем объекты, удаленные друг от друга. Чтобы проинтерполировать значение для неизмеренного положения, IDW использует измеренные значения вокруг интерполируемого местоположения. Наиболее близкие к проинтерполированному местоположению измеренные показатели оказывают большее влияние на прогнозируемое значение, чем удаленные от него на значительное расстояние. IDW предполагает, что каждая измеренная точка оказывает локальное влияние, которое уменьшается с увеличением расстояния. Это придает больший вес точкам, расположенным ближе всего к интерполируемому местоположению. Вес точки уменьшается как

функция от расстояния, поэтому метод носит название «обратных взвешенных расстояний». Затем по полученной поверхности нами были построены изофены и выделены зоны с разным сезонным развитием объекта (McCoy, Johnston, 2002).

Для пространственного анализа закономерностей развития черемухи обыкновенной также рассчитаны показатели отклонения от среднего состояния объекта на момент регистрации фенофазы – феноаномалии. Для каждого пункта наблюдения произведен расчет среднего балла развития, затем средний балл развития черемухи для всей территории области, который составил 5.7 балла (характеризует состояние между стадией «бутонизация, соцветия-кисти» и «бутонизация, окрашивание бутонов»). При наличии средних баллов за 9 лет появляется возможность высчитать феноаномалии по годам.

В результате картографирования явления выявлено повсеместное заметное запаздывание развития черемухи обыкновенной на территории Уфимского равнинного плато на юго-западе области, а также и горных районах (на северо-западе и севере). Феноаномалии здесь составляют от 1 до 4.5 баллов. Вероятно, определяющим фактором сезонной динамики здесь служит более возвышенный рельеф, количество осадков зимнего периода и, вероятно, большее количество солнечных дней в начале весны. Опережение развития проявилось в центральной, южной и юго-восточной частях области и в восточных предгорьях. Максимум отклонений от средней величины (до 6–6.5 баллов) во все годы оно достигало на равнинных низменных равнинах Туринского, Пышминского, Зауральского районов. Именно здесь проявляется влияние широтного распределения солнечной радиации и влияние географических различий в сезонной циркуляции атмосферы в пределах Уральской и Западно-Сибирской территории области.

Применение программы ArcGIS Desktop позволяет визуализировать результаты ежегодных и многолетних фенологических наблюдений, оперативно и достоверно представить их в виде картографической модели и дает возможность сравнить районы, отличающиеся по физико-географическим условиям. ПО ArcGIS Desktop отличается строгой топологичностью и развитый математический аппарат обработки пространственных и атрибутивных данных, с системами координат и географическими проекциями, что служит предпосылкой к применению в фенологическом картографировании.

Благодарности

Авторы выражают благодарность всем постоянным участникам многолетнего Всероссийского проекта «Единый фенологический день» за проведенные наблюдения. К сожалению, мы не можем указать их в данной статье, поскольку их количество составляет более 250.

Литература

- Минин А. А., Воскова А. В. Гомеостатические реакции деревьев на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты // Онтогенез. 2014. Т. 45. № 3. С. 162–169. DOI: [10.7868/S0475145014030021](https://doi.org/10.7868/S0475145014030021)
- Янцер О. В., Вдовин А. С. Из опыта картографирования результатов Единого фенологического дня: материалы Международной научно-практической конференции «Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития». Минск: Белорусский государственный университет, 2019. С. 308–313. eLIBRARY ID: 41523997
- Янцер О. В., Скок Н. В. Фенологические методы исследований в изучении динамики ландшафтов: общий обзор // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21. № 1. С. 91–100.
- McCoy J., Johnston K. Using ArcGIS Spatial Analyst. ESRI Press, 2002. 238 p.
- Ovaskainen O., Meyke E., Lo C. et al. Chronicles of nature calendar, a long-term and large-scale multitaxon database on phenology // Scientific Data. 2020. V. 7. P. 47. DOI: [10.1038/s41597-020-0376-z](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0376-z)

Научное издание

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ИССЛЕДОВАНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

**Материалы III Национальной научной конференции
с международным участием,
посвященной 100-летию со дня рождения академика РАН
П. Л. Горчаковского
(Екатеринбург, 5–10 октября 2020 г.)**

Редакторы:
С. В. Фельдман, Е. А. Цепелева
Компьютерная верстка В. В. Курьянович

Подписано к изданию 01.10.2020.
Уч. изд. л. 37,83

АНО ВО «Гуманитарный университет»
620041, г. Екатеринбург, ул. Железнодорожников, 3
Лицензия № 2114 от 26.04.2016