Министерство образования и науки Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Вятский государственный гуманитарный университет»

ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ И БИОДИАГНОСТИКА ЖИВЫХ СИСТЕМ

Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием

1–2 декабря 2015 г.

Книга 1

Киров 2015

ББК 20.1+74.200.57
А98

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Вятский государственный гуманитарный университет»

Редакционная коллегия:

Т. Я. Ашихмина, профессор, д. т. н., А. В. Албегова, к. х. н., Л. И. Домрачева, профессор, д. б. н., И. Г. Широких, с. н. с., д. б. н., Е. В. Дабах, доцент, к. б. н., Е. А. Домнина, доцент, к. б. н., Л. В. Кондакова, доцент, д. б. н., Г. Я. Кантор, с. н. с., к. т. н., С. Ю. Огородникова, доцент, к. б. н., А. С. Олькова, доцент, к. т. н., С. В. Пестов, н. с., к. б. н., С. Г. Скугорева, н. с., к. б. н., А. С. Тимонов, с. н. с., В. А. Титова, с. н. с.

А98 Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 1–2 декабря 2015 г.). Киров: Изд-во ООО «Веси», 2015. 299 с.

ISBN 978-5-4338-0246-9

В сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем» вошли материалы исследований в области региональной экологии и биодиагностики состояния природных и природно-техногенных систем. Значительное место в сборнике занимают материалы по оценке состояния и особенностям адаптации растений, животных и микроорганизмов к действию неблагоприятных факторов среды. Особое внимание уделено использованию традиционных методов и инновационных технологий в мониторинговых исследованиях, приведены результаты экологического мониторинга техногенно нарушенных территорий с использованием комплекса методов. Представлены материалы по химии и экологии почв, а также отдельным вопросам региональной и социальной экологии. Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений.

ISBN 978-5-4338-0246-9

ББК 20.1+74.200.57
© ФГБОУ ВО «Вятский государственный гуманитарный университет», 2015
© ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1
ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Дегтева С. В. Перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий в восточно-европейском секторе Арктики 9

Дубровский Ю. А. Леса междуречья рек Щугор и Подчерем – перспективы их включения в состав объекта всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми» 13

Гончарова Н. Н., Дубровский Ю. А. Разнообразие растительных сообществ окрестностей ручья Веселый (хребет Малдыиз, Приполярный Урал) 15

Канев В. А. Флора комплексного заказника «Маджский» (Корткеросский район, Республика Коми) 18

Канев В. А. Материалы к флоре Верхне-Илычской долины (Северный Урал, Республика Коми), перспективного объекта номинации «Девственные леса Коми» 22

Сидельникова М. В., Власов Д. Ю. Консортивный подход при изучении микобиоты древесных и кустарниковых растений в городской среде 25

Соловьев А. Н. Находки редких видов грибов на территории Кировской области 28

Ставишенко И. В., Лугинина Е. А. Первичные результаты инвентаризации биоты афиллофороидных грибов ГПЗ «Пижемский» (Кировская область) 31

Уланов А. Н., Жолобова Н. А. Видовое разнообразие и запасы грибных ресурсов на выработанных торфянниках 33

Ильина Е. Д., Корчиков Е. С. Лишайники лесных сообществ Могутовой горы (Самарская область) 37

Савиных Н. П., Ковалькова М. И., Мазеева А. В., Шамсувалиева К. Р. Экология горца змеиного 41

Савиных Н. П., Ковалькова М. И., Мазеева А. В., Шамсувалиева К. Р. Особенности побегообразования горца змеиного как адаптации к условиям переменного увлажнения 44

Шаклеина М. Н., Шабалкина С. В. Особенности размножения и воспроизведения *Petasites spurius* (сем. Compositae) 48

Савиных Н. П., Тукмачева О. А., Черезова С. Н. Экология и побегообразование лука угловатого 51

Рыболовлева Т. Е., Пересторонина О. Н. О состоянии ценопопуляции *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. 55

Тимушева О. К., Конюхова А. В. Размножение жимолости голубой зелёными черенками в условиях среднетаёжной подзоны Республики Коми ... 58

Устюжанина А. Н., Борисова Е. А. Оценка рекреационной устойчивости растительного покрова ООПТ Удмуртии 62

Емельяшина Е. В. Устойчивость лесов и дендроиндикация их состояния для мониторинга и рационального природопользования (на примере Брянской области) 66

Онофрейчук О. Н. Подходы к использованию представителей семейства хвойные в биоиндикции и зонировании территории городов 69

Сенькина С. Н. Суточная динамика влагообмена хвои сосны и ели в средней подзоне тайги Республики Коми 71

Пристова Т. А., Загирова С. В., Манов А. В. Содержание углерода в растениях напочвенного покрова еловых и березовых фитоценозов Приполярного Урала 74

Герлинг Н. В., Пунегов В. В., Груздев И. В. Компонентный состав эфирного масла охвоенных побегов *Juniperus communis* (Cupressaceae) 76

Шамрикова Е. В., Заварзина А. Г., Кубик О. С., Пунегов В. В. Особенности состава водорастворимых органических соединений в различных видах лишайников и мхов 79

Гекк А. С., Ларькова А. Н., Коваль К. С., Пахарькова Н. В. Растения в биоремедиации нефтезагрязненных почв в условиях Южной Сибири 82

Амунова О. С. Модификация действия алюминия на синтез листовых пигментов пшеницы погодными условиями 86

Царегородцева К. А., Волкова Е. М. Сезонная динамика содержания хлорофилла *a* в листьях степных видов растений Тульской области 90

Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н. Климатический фактор как основной критерий формирования урожайности плодов *Vaccinium vitis – idaea* L. 92

Сподина К. С., Лисицын Е. М. Изменения погодно-климатических условий Кировской области и динамика урожайности ячменя 95

Зыкина Т. Л., Помелов А. В. Влияние фиторегуляторов на зараженность семян и урожайность ярового ячменя 98

Булдакова М. С., Дудин Г. П. Определение мутаций в локусе WAXY при воздействии антропогенной воды на семена ячменя 101

Шабалин Н. С., Дудин Г. П. Реакция растений ярового ячменя сорта Изумруд на обработку химическими и физическими факторами в нулевом и первом поколениях 105

Дудин Г. П., Шабалин Н. С. Изучение влияния химических и физических мутагенов на яровой ячмень сорта Изумруд в первом и втором поколениях 109

Черемисинов М. В., Тагакова Л. А. Мутационное и защитное влияние протравителей семян на растения ячменя сорта Нур в третьем поколении 113

Черемисинов М. В. Изучение мутагенного действия протравителей семян на растения ячменя сорта Нур во втором поколении 116

Фокин М. А., Помелов А. В. Влияние гербицидов на изменчивость растений ярового ячменя сорта Изумруд 119

Кислицына А. П., Чеглакова О. А. Зольный состав и протеиновая питательность одновидовых и смешанных травостоев лядвенца рогатого 123

Торлопова Н. В., Робакидзе Е. А., Бобкова К. С. Химический состав природных вод в старовозрастном ельнике средней тайги 127

Плюснина С. Н. Включения вакуоли и цитоплазмы в клетках мезофилла древесных растений под воздействием стресса 130

СЕКЦИЯ 2
ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Кулакова О. И., Татаринов А. Г. Фауна и экология прямокрылых насекомых (Orthoptera) таежной зоны Республики Коми 132

Триликаускас Л. А. Мониторинг биоразнообразия паукообразных (Arachnida: Aranei, Opiliones) и жужелиц (Coleoptera: Carabidae) в лесах Шорского национального парка 134

Газизова О. А. Население жужелиц (Coleoptera: Carabidae) тундровых сообществ хр. Рай-Из (Полярный Урал) 138

Целищева Л. Г. Распространение липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii* Kumata) в заповеднике «Нургуш» 140

Осокина А. С., Колбина Л. М., Гущин А. В. Сравнительный анализ материалов садков используемых для содержания большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) 145

Панюкова Е. В. Морфоэкологические исследования кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) Республики Коми 147

Пестов С. В. Материалы по фауне двукрылых семейства Sciomyzidae (Diptera) Республики Коми 150

Оносов А. А., Пестов С. В. Влияние азотного загрязнения почв на почвенных беспозвоночных 153

Кочурова Т. И. Ручейники (Trichoptera) р. Вятки в зоне влияния объекта уничтожения химического оружия 156

Юшкова Е. А., Зайнуллин В. Г., Белых А. А. Цитогенетические реакции мутантных линий *Drosophila melanogaster* на действие низкоинтенсивного и острого облучения 159

Шарапова И. Э. Биопестицидная композиция на основе лигноуглеводных субстратов и энтомопатогенного гриба 162

Рябов В. М. Гусеобразные государственного природного заказника «Былина» 164

Елкина А. В., Столбова Ф. С. Встречи выводков уток на территории г. Кирова и его окрестностей в мае – июле 2015 г. 167

Чайкин С. А. Влияние сроков сезона охоты на величину добычи лося на территории Пермского края 170

Масленникова О. В., Стрельников Д. П. Зараженность гельминтами американской норки антропогенных ландшафтов 173

Черезов Е. И., Масленникова О. В. Второй случай трихинеллеза барсуков на территории Оричевского района Кировской области 177

Шихова Т. Г., Масленникова О. В., Панкратов А. П., Панова С. В. Результаты исследования трематодных очагов в охотугодьях бассейна р. Чепца 180

Краснов М. С., Рыбакова Е. Ю., Агильон Д., Ямскова В. П., Ямсков И. А. Регенерация конечностей амфибий in vivo и in vitro при воздействии биорегуляторов, выделенных из сыворотки крови и кости млекопитающих 183

Юшкова Е. А., Боднарь И. С., Шадрин Д. М., Пылина Я. И., Чадин И. Ф., Зайнуллин В. Г. Вклад радиационного и химического воздействия в изменение молекулярно-генетических и цитогенетических показателей *Rana arvalis*, обитающих на территории складирования отходов радиевого производства (Россия, Республика Коми, Ухтинский район) 185

Раскоша О. В., Ермакова О. В., Старобор Н. Н. Оценка состояния ДНК в тироцитах мышей после хронического воздействия γ-излучения 189

Зернова Е. Е., Плотникова О. М. Изменение показателей перекисного окисления белков и липидов у лабораторных мышей под влиянием N-(фосфонометил)-глицина 193

Бознак Э. И. Морфологическая изменчивость, питание и линейный рост европейского хариуса тиманских водотоков 196

Голикова Е. А. Паразитофауна карася золотого *Carassius carrasius* (L.) из озера Длинное (бассейн Средней Вычегды) 200

Федюнин В. А., Поромов А. А., Смуров А. В. Влияние некоторых тяжелых металлов на клеточные элементы целомической жидкости морских звезд *Asterias rubens* 204

Герасимов Ю. Л., Синицкий А. В. Оценка изменения состояния городского пруда 206

Канев Б. И., Безносова Т. М. Экологические сообщества бентосной фауны позднего силура в обнажении 236 210

Масютин В. В. Биоразнообразие и адаптация к среде обитания позднепалеозойских тетрапод на примере ископаемых Котельничского местонахождения парейазавров 214

Масютин В. В. Палеоэкологическая реконструкция природной среды Вятско-Камского Предуралья в позднем плейстоцене (по фауне крупных млекопитающих) 219

СЕКЦИЯ 3
ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Шергина Н. Н., Филатов А. Д., Холопов Ю. В., Лаптева Е. М. Сообщества почвенных микроорганизмов в северотаежных сосновых лесах 223

Кузнецова Т. В., Петров А. М., Шагидуллин Р. Р. Последствия техногенного пресса крупного промышленного комплекса на почвенные микробоценозы 228

Пирогова О. С., Кондакова Л. В. Сезонная динамика видового состава альгофлоры пойменных биогеоценозов ГПЗ «Нургуш» 230

Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Альгофлора пойменных озер в районе г. Кирово-Чепецка 233

Ковалева В. А., Хабибуллина Ф. М. Микромицеты постагрогенной почвы в тундровой зоне Республики Коми 235
Головина Т. А. Влияние пирогенного фактора на микобиоту соснового леса 238
Виноградова Ю. А., Ковалева В. А., Вежова И. И., Лаптева Е. М. Разнообразие и структура комплексов микроскопических грибов в городских почвах севера (на примере г. Сыктывкара) 240
Иванова А. Е., Терехова В. А., Шитиков В. К., Прохоренко В. А., Кыдралиева К. А. Сообщества микроскопических грибов в почвах урановых провинций 243
Леонова К. А., Кузнецова А. А., Домрачева Л. И. Комплексное исследование микроскопических грибов воздуха и почвы различных зон г. Кирова 246
Безденежных К. А., Кондакова Л. В. Оценка качества атмосферного воздуха парковых территорий г. Кирова методом лихеноиндикации 250
Коваль Е. В., Чупрова Ю. В., Огородникова С. Ю. Действие цианобактерии *Nostoc muscorum* и метилфосфоновой кислоты на жизнедеятельность растений ячменя 254
Горностаева Е. А., Огородникова С. Ю. Влияние цианобактериальной обработки на содержание антоцианов в листьях высших растений в медьзагрязненной почве 258
Лялина Е. И., Фокина А. И., Сивкова С. А., Катаргина В. С. Влияние состава глутатионсодержащих растворов сульфата меди (II) на жизнеспособность и интенсивность биохемилюминесценции культуры почвенных цианобактерий 262
Субботина Е. С., Казакова Д. В., Трефилова Л. В., Зыкова Ю. Н., Домрачева Л. И. Влияние цианобактерии *Fischerella muscicola* и азида натрия на развитие почвенных водорослей и цианобактерий 265
Козлова Т. Н., Чекмазова Д. С., Арляпов В. А. Ингибирующее действие факторов окружающей среды на окислительную активность микроорганизмов 270
Бурмистрова Т. В., Лаврова Д. Г., Каманина О. А. Влияние ионов тяжелых металлов на дыхательную активность метилотрофных дрожжей *Ogataea polymorpha* 272
Емельянова Е. В., Михина Е. А., Шемонаев И. В., Макаренко А. А., Решетилов А. Н. Влияние гуминовых веществ на дыхательную активность бактерий *Bacillus subtilis* 274
Симакова В. С., Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И. Изучение накопления формазана в клетках цианобактерий *Nostoc paludosum* под влиянием автошампуней 278
Соловьёва Е. С., Березин Г. И., Широких И. Г. Сорбционные возможности культур стрептомицетов в отношении тяжелых металлов 281
Товстик Е. В., Соловьева Е. С., Широких И. Г. Биосинтетическая активность стрептомицетов, выделенных из почв различного хозяйственного использования 284

Назарова Я. И., Широких И. Г. Поиск штаммов стрептомицетов, перспективных для создания биопрепаратов с комплексным фиторегуляторным и биоконтрольным действием 287

Попыванов Д. В., Широких А. А. Накопление свинца, меди и цинка ксилотрофными базидиомицетами в парках г. Кирова 290

Перминова Е. М., Виноградова Ю. А., Ковалева В. А., Лаптева Е. М. Использование микробиологических показателей и параметров ферментативной активности для оценки влияния сплошных рубок на подзолистые почвы средней тайги 294

СЕКЦИЯ 1
ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОМ СЕКТОРЕ АРКТИКИ

С. В. Дегтева
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
degteva@ib.komisc.ru

В конце XX столетия под эгидой ООН разработана стратегия перехода к устойчивому развитию. Исходя из ее основных принципов, сегодня в мире общепризнано, что максимально эффективный способ сохранения природных комплексов – формирование систем особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Согласно Экологической доктрине Российской Федерации создание и развитие сетей ООПТ разного уровня и режима включено в число основных направлений государственной политики в области экологии. Эталонные участки, выделяемые в качестве ООПТ, должны не только способствовать сохранению генофонда флоры и фауны, типичных и уникальных природных комплексов, но и, особенно в будущем, в процессе антропогенных изменений ландшафтов, выполнять средостабилизирующую роль. Поддержание существующих и создание новых заповедных территорий, имеющих исключительное значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия как основы биосферы, рассматривается сегодня как один из важнейших приоритетов во всем мире (Дурбанский аккорд…, 2004).

Оценка состояния ландшафтов Республики Коми показывает, что их большая часть относительно слабо изменена антропогенным воздействием (Особо охраняемые природные территории Республики Коми…, 2011; Дегтева и др., 2014; Striking the balance…, 2015). Это обусловлено низкой плотностью населения (чуть более 2-х человек на 1 км^2 площади территории), преобладанием в течение длительного времени традиционного типа хозяйства, основанного на использовании биологических ресурсов. Однако в последние десятилетия в этом богатейшем минерально-сырьевыми ресурсами крае началось интенсивное освоение месторождений угля, нефти, газа, золота, бокситов и других полезных ископаемых, значительная часть из которых сосредоточена в тундровой зоне. Одновременно увеличивались и объемы использования возобновляемых природных ресурсов. В настоящее время спектр экологических проблем существенно расширился (Striking the balance…, 2015). Создание экологического каркаса из ООПТ в северных широтах, где экосистемы отличаются повышенной уязвимостью к внешним воздействиям и в результате нерационального природопользования деградируют вплоть до полного разрушения, имеет осо-

бую актуальность (Особо охраняемые природные территории Российской Арктики…, 2013).

Для сохранения уникальных и типичных экосистем, местообитаний ключевых и редких видов растений, животных и грибов в Республике Коми более полувека проводятся целенаправленные действия по формированию системы особо охраняемых природных территорий. Наиболее активным был этот процесс с начала 70-х до середины 90-х гг. XX века. В регионе создана основа многофункциональной системы сохранения природного экологического баланса. Республика имеет развитый природно-заповедный фонд, в состав которого в настоящее время входят 240 особо охраняемых природных территорий, две из которых имеют федеральный статус, остальные – региональный (Дегтева и др., 2014; Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми, 2014). Общая площадь ООПТ составляет порядка 5,4 млн. га (около 13% площади республики).

Сформированная к настоящему моменту региональная (республиканская) сеть особо охраняемых объектов не может быть признана в полной мере соответствующей требованиям, предъявляемым к сетям ООПТ на международном уровне (Особо охраняемые природные территории Республики Коми…, 2011). В частности, в подзонах южных гипоарктических тундр, северной и южной лесотундры в настоящее время в статусе ООПТ охраняются только крупнобугристые и, в меньшей степени, плоскобугристые болота. Анализ пробелов показал, что на объектах природно-заповедного фонда не представлены ландшафты: пологоувалистых тундровых равнин Предуралья; пологоувалистых лесотундровых равнин Предуралья и Кряжа Чернышова; низменных моренных лесотундровых равнин; зандровых и озерно-аллювиальных песчаных лесотундровых равнин. Сохранение горных ландшафтов Полярного Урала в региональной системе ООПТ обеспечено не в полной мере и значительно слабее в сравнении с ландшафтами гор Северного Урала и Приполярного Урала. На Полярном Урале в границах Республики Коми функционируют лишь один ландшафтный заказник, два заказника и три памятника природы ботанического профиля регионального значения (Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми, 2014), природные комплексы которых в последнее время испытывают все более интенсивное воздействие антропогенного пресса. ООПТ федерального статуса в данном регионе отсутствуют.

На территории Ненецкого автономного округа (НАО) сеть ООПТ менее разветвленная (Striking the balance…, 2015). Она включает 10 объектов общей площадью 974,05 тыс. га, самый крупных из которых – государственный природный заповедник «Ненецкий». На объектах природно-заповедного фонда взяты под охрану зональные сообщества тундровой зоны, однако доля площадей наземных экосистем, расположенных в границах ООПТ, составляет лишь 4,5% от площади округа. Этого недостаточно для поддержания экологического равновесия, особенно с учетом постоянно нарастающих темпов промышленного освоения региона.

Высокая степень заболоченности территорий Республики Коми и Ненецкого автономного округа, хорошая сохранность ландшафтов обусловливают

наличие здесь значительного числа водно-болотных угодий (ВБУ), которые важны для миграции птиц не только в российском, но и в международном масштабе (Striking the balance…, 2015). В настоящее время лишь несколько из них имеют статус особо охраняемых объектов. В Республике Коми это болота Океан, Усинское и Мартюшевское. В НАО роль ключевых ВБУ выполняют ландшафты государственного природного заповедника «Ненецкий», государственного природного зоологического заказника «Ненецкий». Таким образом, можно заключить, что зональные ландшафты, ключевые местообитания полосы притундровых лесов, тундровых и горно-тундровых территорий северо-востока европейского сектора российской Арктики в настоящее время слабо представлены в границах объектов, имеющих статус ООПТ. Требуется проведение углубленных исследований с целью выделения в данном регионе перспективных для охраны уникальных и эталонных территорий, работ, направленных на введение ключевых ВБУ в региональные системы ООПТ. Расширение сетей ООПТ будет способствовать сохранению ландшафтов высоких широт, экосистемного, ценотического и видового разнообразия, в том числе популяций редких и ключевых видов.

Решению этого комплекса задач способствовала реализация специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН программ исследований в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «ООПТ Республики Коми» и проекта «Комплексная оценка природных экосистем восточно-европейского сектора Арктики для выделения территорий высокой природоохранной ценности», выполненного при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН «Арктика». Проведены полевые поисковые работы для выявления объектов и природных комплексов, перспективных для включения в состав региональных систем ООПТ. При этом специалисты опирались на положение о том, что для организации новых резерватов необходим поиск ненарушенных ландшафтов и экосистем, не представленных (или недостаточно представленных) в составе природно-заповедного фонда. Проведены исследования ценотического, видового и популяционного разнообразия экосистем на ключевых участках, расположенных в бассейнах рек Силоваяха и Уса (Большеземельская тундра), в бассейне р. Кара (Полярный Урал), а также полосе притундровых лесов. Получены сведения о биологическом разнообразии наземных и водных экосистем ранее неисследованных или слабо изученных равнинных и горных ландшафтов восточно-европейского сектора Арктики, выполнена классификация растительности и почв. Уточнены данные о распространении популяций редких видов растений и животных с оценкой их состояния и выявлением механизмов устойчивости. На основе анализа результатов проведенных исследований выделены участки, перспективные для создания новых особо охраняемых территорий в восточно-европейском секторе Арктики, располагающиеся в пределах западного макросклона Полярного Урала (хребты Оченырд и Манитанырд, окрестности озера Большая Лохорта), в Большеземельской тундре (бассейны рек Силоваяха, Сейда) и полосе притундровых лесов (бассейны рек Большая Роговая, Тобыш). Сотрудниками Института биологии обоснованы, сформулированы и переданы в Минприроды Республики Коми рекомендации об организации пяти комплекс-

ных заказников (двух на Полярном Урале, одного – в Большеземельской тундре, в бассейне р. Силоваяха, еще двух – в полосе притундровых лесов, в бассейнах рек Большая Роговая, Тобыш), одного орнитологического заказника (в тундровой зоне, в бассейне р. Сейда), одного биологического заказника (на Полярном Урале). Данные объекты включены в стратегический план развития системы ООПТ региона. На территории НАО специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН также выявлены участки, которые могут быть рекомендованы для резервирования с целью создания ООПТ. Так, перспективным видится создание ландшафтного заказника на хребте Пайхой (район горных массивов Константинов Камень и Большой Манясей). В верхнем течении р. Большая Роговая (район озер Большой Сяттей и Малый Сяттей) выявлен участок, нуждающийся в охране в качестве ключевого ВБУ. Целесообразно рассмотреть вопрос об организации здесь орнитологического заказника. Необходимо упомянуть, что согласно программе развития сети заповедных территорий России в Ненецком автономном округе должно быть организовано три заповедника и два национальных парка с общей площадью 2500,09 тыс. га, что будет составлять 1,4% от площади округа (Особо охраняемые природные территории Российской Арктики…, 2013).

Следует особо подчеркнуть, что при наличии у сети ООПТ, созданной в восточно-европейском секторе Арктики, значительного числа сильных сторон и преимуществ, имеются социально-экономические, юридические, политические и экологические угрозы, которые могут дестабилизировать ее функционирование. Снижению их остроты в настоящее время способствуют большая площадь территории, низкая плотность населения, отсутствие развитой инфраструктуры. Абсолютное большинство ООПТ расположено в труднодоступных районах, что благоприятствует сохранению целостности природных комплексов даже при отсутствии хорошо налаженной системы охраны. Однако в условиях постоянно усиливающегося воздействия антропогенного пресса на природные комплексы угрозы для ООПТ неизбежно будут возрастать. Поэтому актуальной задачей остается принятие действенных мер, направленных на совершенствование охраны и управления структурными звеньями природно-заповедного фонда, имеющими региональное подчинение. Работы, направленные на оптимизацию сетей ООПТ в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов Арктики, планируется продолжить.

Литература

Дегтева С. В., Изъюров Е. Ю., Огродовая Л. Я., Пыстина Т. Н. Система ООПТ Республики Коми: современное состояние и пути совершенствования // Тр. Карельского НЦ РАН, 2014. № 2. С. 147–154.

Дурбанский аккорд: материалы Пятого всемирного конгресса по особо охраняемым территориям / Пер. с англ. М., 2004. 272 с.

Кадастр охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 2014. 428 с.

Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития / Отв. ред. В. И. Пономарев. Сыктывкар, 2011. 256 с.

Особо охраняемые природные территории Российской Арктики: современное состояние и перспективы развития. М., 2013. 427 с.

Striking the balance: challenges and perspectives for the protected areas network in northeastern European Russia / Degteva S.V., Ponomarev V.I., Eisenman S.W., Dushenkov V. // Ambio. 2015. N 2. Pp. 1–18. (http://link.springer.com/10.1007/s13280-015-0636-x).

ЛЕСА МЕЖДУРЕЧЬЯ РЕК ЩУГОР И ПОДЧЕРЕМ – ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ В СОСТАВ ОБЪЕКТА ВСЕМИРНОГО НАСЛЕДИЯ ЮНЕСКО «ДЕВСТВЕННЫЕ ЛЕСА КОМИ»

Ю. А. Дубровский
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
dubrovsky@ib.komisc.ru

Объект Списка всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми» объединяет две крупные ООПТ федерального значения – Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник (Северный Урал) и национальный парк «Югыд ва» (Приполярный Урал), общая площадь которых составляет свыше 3 млн. га. При этом вопрос расширения площади объекта за счет включения в его состав прилегающих территорий актуален и обсуждается на различных уровнях. В частности в настоящее время действует проект 15-12-4-1 фундаментальных исследований, выполняемый по программе Президиума РАН «Живая природа», тема которого сформулирована, как «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми». В рамках этого проекта летом 2015 г. были выполнены комплексные исследования экосистем территории междуречья рек Щугор и Подчерем, которое фактически «зажато» между охраняемыми зонами Национального парка «Югыд ва» и могло бы быть включено в состав ООПТ. Описания лесного покрова выполнены на пробных площадях размером 20×20 м. Использовали общепринятые геоботанические методы (Ипатов, Мирин, 2008).

Основным элементом растительного покрова исследуемой территории являются темнохвойные леса, представленные сообществами с доминированием ели (*Picea obovata*) в составе древесного яруса. По долинам рек распространены лесные сообщества, древостои которых сложены березой (*Betula pubescens*) и осиной (*Populus tremula*). На водоразделах встречаются леса с преобладанием по составу кедра сибирского (*Pinus sibirica*).

В результате флористического анализа в составе ценофлоры лесных сообществ выявлено 128 видов сосудистых растений. При этом средний показатель α-разнообразия сосудистых составил 24 вида на 400 м^2. Конкретные значения параметра варьировали от 11 видов в бедных ельниках чернично-зеленомошных до 40 видов в богатых травяных еловых лесах ассоциации Piceetum geraniosum. В составе исследованной ценофлоры отмечено четыре вида, включенных в Красную Книгу Республики Коми (2009): *Paeonia anomala*, *Pinus sibirica*, *Saussurea parviflora* и *Woodsia glabella*.

В составе древесного яруса еловых лесов доминирует *Picea obovata*, четырёх единиц по составу могут достигать такие виды, как *Abies sibirica*, *Pinus sibirica* и *Betula pubescens*. Общая сомкнутость древесного яруса 0,4–0,6. Высота основного полога в среднем 16–18 метров (максимально до 24 метров). Возобновляются все породы. Древостои характеризуются сложной пространственной и возрастной структурой. В подлеске обычно преобладает *Sorbus sibirica*, описаны сообщества с преобладанием в кустарниковом ярусе таких видов, как *Juniperus communis*, *Juniperus sibirica*, *Rosa acicularis*.

При классификации еловых лесов было выявлено 10 ассоциаций из трех типов леса. Ельники зеленомошные занимают средние по уровню влажности экотопы на водораздельных пространствах и надпойменных террасах рек и ручьев. Данный тип насаждения представлен двумя ассоциациями: Piceetum saxatili ruboso-hylocomiosum и P. myrtilloso-hylocomiosum. Ельники травяные гораздо более разнообразны и формируются в долинах рек и на склонах чугр и увалов. В составе типа насаждения выделено шесть ассоциаций: Piceetum athyriosum, P. geraniosum, P. aconitosum, P. calamagrostidosu, P. expansae dryopteridosum и P. oxalidoso-gymnocarpiosum. Крайние позиции в ряду увеличения влажности почв занимают сообщества ельников сфагнового типа насаждений, которые на данной территории характеризуются значительными площадями. Сообщества формируются в экотопах плоских заболоченных водоразделов и по границам с крупными болотными массивами. Представлены двумя ассоциациями: Piceetum globulari caricoso-myrtilloso-sphagnosum и P. equisetoso-sphagnosum.

В составе древесного яруса березовых лесов, встречающихся в пойменных экотопах по долинам водотоков, доминирует *Betula pubescens*, отмечена примесь *Picea obovata*. Общая сомкнутость древостоев 0,4–0,8, высота основного полога 12–16 метров (до 20). Возобновление древесных идет слабо, отмечены особи *Betula pubescens*, *Picea obovata*, *Pinus sibirica*. Подлесок разреженный, сформирован *Juniperus communis*, *Lonicera pallasii*, *Salix phylicifolia* и др. В результате классификации березняков выявлены три ассоциации из травяного и сфагнового типов насаждений: Betuletum purpurea calamagrostidosum, B. aconitosum и B. caricoso-sphagnosum.

Редкими лесными формациям района исследований являются осинники и кедровые леса, представленные каждая одной ассоциацией – Tremulae Populetum aconitosum и Cembretum myrtilloso-hylocomiosum соответственно.

В целом, полученные в результате проведенных исследований данные свидетельствуют о достаточно высокой природоохранной ценности изученных лесных массивов. Сообщества являются малонарушенными и старовозрастными, характеризуются абсолютно разновозрастной структурой с непрерывным рядом поколений древесных, что дает им устойчивость. В составе ценофлоры лесов модельного участка междуречья отмечено четыре вида, включенных в Красную Книгу Республики Коми (2009). При этом леса с доминированием *Pinus sibirica* в древостоях являются уникальным явлением для территории Европейского Севера. Все это позволяет с оптимизмом оценивать перспективы расширения объекта «Девственные леса Коми».

Исследования выполнены при поддержке программы Президиума РАН «Живая природа» № 15-12-4-1 «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми».

Литература

Ипатов В. С., Мирин Д. М. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. Учебно-методическое пособие. СПб., 2008. 71 с.

Красная Книга республики Коми. Сыктывкар, 2009. 791 с.

РАЗНООБРАЗИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ОКРЕСТНОСТЕЙ РУЧЬЯ ВЕСЕЛЫЙ (ХРЕБЕТ МАЛДЫИЗ, ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н. Н. Гончарова, Ю. А. Дубровский
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
goncharova_n@ib.komisc.ru, dubrovsky@ib.komisc.ru

Район исследований входит в один из наиболее значимых объектов природно-заповедного фонда региона – национальный парк «Югыд ва» и одновременно является объектом Всемирного природного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми». Тем не менее, до настоящего времени территория северной части Урала остается слабо изученной в ботаническом отношении. Сведения о ее растительном покрове и флористическом разнообразии фрагментарны (Горчаковский, 1966, 1975; Природный парк…, 1977; Влияние разработки россыпных месторождений…, 1992; Мартыненко, Дегтева, 2003; Жангуров и др., 2013; Гончарова и др., 2013; Гончарова, Дегтева, 2014; Сравнительный…, 2014).

В 2015 г. специалистами Института биологии выполнено комплексное обследование растительного мира на ключевом участке, он охватывает хребты Обеиз, Малдыиз, их отроги в окрестностях ручья Веселый

На исследованной территории отчетливо выражена вертикальная поясность. Всего можно выделить 4 высотных пояса: горно-лесной, подгольцовый, горно-тундровый и гольцовый.

Горно-лесной пояс на исследованной территории располагается на высотах 200–400 м над ур. м. Облик растительности этого пояса определяют горные пихтовые леса. Древесный ярус сообществ достаточно сомкнутый (0,4–0,7), высота деревьев основного полога в зависимости от высоты над уровнем моря варьирует от 12 до 18 метров. В составе древостоя преобладает *Abies sibirica*, постоянна примесь таких видов деревьев, как *Picea obovata, Betula pubescens* и *Larix sibirica*. На данный момент для района исследований выделено четыре ассоциации (асс.) пихтарников из двух типов леса: Abietetum myrtilloso-hylocomiosum, A. myrtilloso-gymnocarpioso-hylocomiosum, A. phegopteridoso-expansae dryopteridosum, A. aconitosum. К экотопам долин рек и ручьев приурочены мелколиственные леса, которые представлены березняками. Древостои таких сообществ сложены *Betula pubescens* с примесью хвойных (*Larix sibirica,*

Picea obovata, Abies sibirica). Общая сомкнутость 0,4–0,7, высота основного полога 10–14 м, продромус формации включает две ассоциации: Betuletum avenellosum и B. aconitosum. Лиственничные леса также характерны для горнолесного пояса хребта Обеиз и представлены древостоями общей сомкнутостью 0,6, высотой 14–16 м, формула состава: 7Л3Б+П. На данный момент в составе формации описана одна ассоциация – Laricetum calamagrostidosum. По долинам рек широко распространены полосы ивняков (асс. Salicetum aconitosum) и злаковых и высокотравных лугов (асс. Calamagrostidosum и Mixto-herbosum). На участках с более плоским рельефом, в небольших депрессиях, и по долинам рек и ручьев распространены разнотравно-моховые болота. Как правило, это небольшие по площади болота, видовой состав которых насчитывает 40–60 видов. Растительный покров таких болот отличается мозаичностью и разнообразием слагающих их растительных фитоценозов. Облик травяно-моховых сообществ определяют *Carex rariflora, C. chordorrhiza, Comarum palustre, Sanguisorba officinalis, Crepis paludosa, Eriophorum polystachion, Veratrum lobelianum, Parnassia palustris, Ligularia sibirica, Bistorta major, Menyanthes trifoliata, Geranium sylvaticum, Equisetum fluviatile*, произрастающие на пестром ковре из сфагновых и гипновых мхов (*Sphagnum warnstorfii, S. squarrosum, Paludella squarrosa, Calliergon sp., Straminergon stramineum, Plagiomnium sp.*). В ивово-травяно-моховых фитоценозах обильны *Salix lapponum, S. phylicifolia, S. glauca*. Ивы высотой до 1–1,5 м разреженный кустарниковый ярус, под его пологом произрастают перечисленные виды, но их обилие заметно снижается. Болота данного типа отмечены и в пределах подгольцового пояса.

Сообщества подгольцового пояса распространены на высотах от 400 до 500 м над ур. м. Небольшая протяженность данного растительного пояса на исследованных склонах хребта Обеиз объясняется их крутизной и большими площадями каменистых россыпей. Часто наблюдается картина резкой смены лесных фитоценозов сообществами горных тундр. Зона перехода (экотон) выражена слабо. Основным маркерным типом растительности подгольцового пояса являются горные редколесья, представленные лиственничными и березовыми редколесьями. Для древостоев таких сообществ характерна невысокая сомкнутость (0,2–0,3), высота основного полога сильно варьирует в пределах от 3 до 14 м. и зависит от высоты над уровнем моря, по составу в зависимости от формации доминирует либо *Larix sibirica* либо *Betula pubescens*. Для лиственничных редколесий выделено две ассоциации: Montano-Laricetum myrtilloso-hylocomiosum и M.-L. bistortoso-avenellosum. Березовые редколесья представлены сообществами с доминированием вейника *Calamagrostis purpurea* (асс. Montano-Betuletum calamagrostidosum) и папоротничка *Gymnocarpium dryopteris* (асс. M.-B. gymnocarpiosum). Участки редколесий чередуются с зарослями кустарников (асс. Salicetum geraniosum, Juniperetum gymnocarpiosum) и горными лугами (асс. Geraniosum). У подножия склонов в межгорной долине на границе поясом встречаются бугристые болота. Они представляют собой мерзлый бугор (мерзлота на глубине 40 см, август), со всех сторон окруженный топяными сообществами или ручьями. Бугры имеют овальную форму, ширина 30-50 м, длина около 200 м. Растительный покров бугров довольно однородный и образован

типичными для кустарничковых тундр и северных болот видами: *Andromeda polifolia*, *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum*, *Eriophorum vaginatum*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus microcarpus*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum.* В напочвенном покрове наряду со мхами (*Sphagnum fuscum*, *Sphagnum russowii*, *Polytrichum strictum*) господствуют лишайники (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. gracilis*, *C. cuculata*, *Flavocetraria nivalis*, *F. cuculata*, *Peltigera scabrosa* и некоторые другие). Растительность понижений отличается высокой мозаичностью. В травяно-кустарничковом ярусе более-менее обильны *Betula nana*, *Comarum palustre*, *Carex aquatilis*, *C. rariflora*, *C. chordorrhiza*, *Comarum palustre*, *Calamagrostis lapponica*, *Equisetum fluviatile*, *Eriophorum russeolum*, *Rubus chamaemorus*, моховой покров сложен сфагновыми и бриевыми мхами.

Горно-тундровый пояс на исследованном участке Урала начинается уже на высотах порядка 460-500 м над ур. м. и выходит на платообразные вершины хребтов (до 900-1000 м. над ур. м.). Продромус горных тундр насчитывает 7 ассоциаций. Наиболее сухие участки склонов и плато заняты лишайниковыми тундрами ерниково-кладониевыми, кустарничково-кладониевыми и ерниково-цетрариевыми. В средних по степени увлажненности экотопах описаны ерниково-зеленомошные и кустарничково-зеленомошные тундры. Крайние позиции в ряду увлажнения занимают сфагновые тундры из кустарничково-сфагновой и осоково-сфагновой ассоциаций. Значительную площадь в пределах горно-тундрового пояса занимают болотные экосистемы. Основные площади болот сосредоточены на пологих склонах широких межгорных долин, в истоках ручьев (Пальник-Шор, Веселый и др.), р. Сывъю. Растительность болот представляют собой комплекс чередующихся между собой осоково-сфагновых, осоково-моховых, пухоносово-моховых фитоценозов и ивняков разнотравно-моховых. Сообщества с участием ив (*Salix lapponum, S. phylicifolia*) и болотного разнотравья (*Comarum palustre, Epilobium palustre, Ligularia sibirica, Crepis paludosa* и др.) приурочены к проточным участкам и отличаются большим видовым богатством. Пространство между ручьями занято маловидовыми фитоценозами, основу растительного покрова которых составляют *Carex rariflora, Carex aquatilis, Trichophorum cespitosum, Sphagnum lindbergii* и печеночные мхи.

Таким образом, получены новые оригинальные данные о разнообразии растительных сообществ окрестностей ручья Веселый. Полученные сведения дополняют сведения о ценотическом и видовом разнообразии национального парка «Югыд Ва», объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми» и могут рассматриваться как фоновые при организации мониторинга состояния окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа», проект № 15-12-4-1 «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми».

Литература

Влияние разработки россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду. Сыктывкар, 1994. 197 с.

Гончарова Н. Н., Дёгтева С. В. Растительность болот хребта Западные Саледы (Приполярный Урал) // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы четвертого междунар. полевого симпозиум. Томск, 2014. С. 58–59.

Гончарова Н. Н., Дёгтева С. В., Дубровский Ю. А., Железнова Г. В., Канев В. А. Ценотическая структура и видовое разнообразие растительного покрова окрестностей Межгорных озер (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд Ва») / Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. (26–28 ноября 2013 г., Киров). Киров, 2013. С. 437–440.

Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. М., 1975. 282 с.

Горчаковский П. Л. Флора и растительность высокогорий Урала // Тр. Ин-та биологии УФ АН СССР. 1966. Вып. 48. 270 с.

Жангуров Е. В., Дубровский Ю. А., Дымов А. А. Характеристика почв и растительного покрова высотных поясов хребта Малды-Нырд (Приполярный Урал) // Известия Коми НЦ УРО РАН, 2013. № 4 (12). С. 40–48.

Мартыненко В. А., Дегтева С. В. Конспект флоры национального парка «Югыд ва» (Республика Коми). Екатеринбург, 2003. 108 с.

Природный парк Коми АССР. Сыктывкар, 1977. 115 с.

Сравнительный анализ ценофлор горных тундр западного макросклона Северного и Приполярного Урала / С. В. Дёгтева, Е. Е. Кулюгина, Ю. А. Дубровский, А. Б. Новаковский // Теоретическая и прикладная экология, 2014. № 1. С. 16–21.

ФЛОРА КОМПЛЕКСНОГО ЗАКАЗНИКА «МАДЖСКИЙ» (КОРТКЕРОССКИЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

В. А. Канев
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
kanev@ib.komisc.ru

Республика Коми, расположенная на европейском северо-востоке России, выгодно отличается от соседних субъектов Российской Федерации хорошо развитой сетью особо охраняемых территорий (Особо охраняемые.., 2011). Она включает 240 объектов, занимающих площадь 5 431 873.3 млн. га или порядка 13,0% от общей площади республики. Два из них (Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник и национальный парк «Югыд ва») имеют федеральный статус, остальные 230 – региональное подчинение (заказники и памятники природы) (Кадастр.., 2014). До начала проведения работ по инвентаризации региональных ООПТ, сведения об их разнообразии экосистем были скудные.

Более десяти лет специалисты отдела флоры и растительности Севера Института Биологии Коми НЦ УрО РАН проводят работы, направленные на выявление фитоценотического и флористического разнообразия особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми. Летом 2012 г. были проведены флористические исследования в комплексном заказнике «Маджский». Заказник расположен в Корткеросском р-не Республике Коми, в подзоне средней тайги, в среднем течении р. Маджа (правый приток Вычегды), площадь

его 22 тыс. га. Создан для воспроизводства и охраны ценных промысловых зверей. Территория заказника занята заболоченными ельниками V бонитета, мохово-лишайниковыми сосновыми борами и вторичными березовыми лесами. Предложен для охраны Управлением охотничье-промыслового хозяйства при Совете Министров Коми АССР. Учрежден постановлением Совета Министров Коми АССР от 27 февраля 1979 г., № 86.

В результате флористических исследований в комплексном заказнике «Маджский» установлено, что флора высших сосудистых споровых, голосеменных и покрытосеменных растений составляет 350 видов, относящихся к 202 родам и 72 семействам. Уровень видового богатства характерен для флоры подзоны средней тайги Республики Коми, т.к. в заказнике присутствуют почти все растительные сообщества: луговые, лесные, болотные, водные, но отсутствуют низинные ключевые болота, на которых возможно произрастание ряда охраняемых растений Республики Коми.

К споровым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами, относятся 16 видов (4,6%). Семь видов (2%) принадлежит к отделу папоротникообразные – *Matteuccia struthiopteris, Dryopteris carthusiana, Phegopteris connectilis, Athyrium filix-femina, Gymnocarpium dryopteris, Botrychium lunaria Botrychium multifidum*. Шесть видов (1,7%) относится к отделу хвощи – хвощи полевой, речной, зимующий, болотный, луговой, камышковый, лесной (*Equisetum arvense, E. fluviatle, E. palustre, E. pratense, E. scirpoides, E. sylvaticum*). Хвощи довольно обычны и часто встречаются во всех сообществах – луговых, лесных, водных, иногда даже доминируют в лесных сообществах и образуют травянистый ярус в еловых лесах (*Equisetum sylvaticum*). Три вида относится к плауновидным – плаун сплюснутый (*Diphasiastrum complanatum*), булавовидный (*Lycopodium clavatum*), годичный (*L. annotinum*), которые являются самыми обычными и широко распространенными лесными видами.

Четыре вида (1,1%) принадлежат к отделу голосеменных растений, которые представлены хвойными. Это ель сибирская (*Picea obovata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), пихта сибирская (*Abies sibirica*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*). *Picea obovata, Pinus sylvestris* являются основными эдификаторами в лесных сообществах данного заказника. *Abies sibirica* встречается в основном в долинных лесах р. Маджа и ее притоков, и редко отмечается на водоразделах.

Остальные виды (330) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 86 – однодольные и 244 – двудольные.

Наибольшим разнообразием видов отличаются семейства астровые (*Asteraceae*) (42), осоковые (*Cyperaceae*) (29), мятликовые (*Poaceae*) (27) видами, лютиковые (*Ranunculaceae*) и гвоздичные (*Caryophyllaceae*) с 18 видами каждое, розоцветные (*Rosaceae*) (17), ивовые (*Salicaceae*) с 15 видами каждое. Замыкают десятку ведущих семейств норичниковые (Scrophulariceae) с 13 видами, гречишные (Polygonaceae) и бобовые (*Fabaceae*) с 12 видами каждое. Всего десять ведущих семейств включают 58% видов флоры.

Среди родов наибольшим числом видов представлен род осока (*Carex*) (23 вида), которые в основном произрастают в водных и болотных растительных сообществах. Второе место по численности видов занимает род ива (*Salix*) (14). Все виды этого рода принадлежат к жизненной форме древесных растений (деревья, кустарники), и произрастают на болотах (*S. myrtilloides*), по берегам рек (*S. dasyclados, S. triandra*), в лесах (*S. caprea*). Заметным разнообразием видов также отличаются роды звездчатка (*Stellaria*) (8), лютик (*Ranunculus*) (7), ястребинка (*Hieracium*) (7), хвощ (*Equisetum*) (6), костяника (*Rubus*) (5), фиалка (*Viola*) (5), подмаренник (*Galium*) (5), щавель (*Rumex*) (5), вейник (*Calamagrostis*) (5).

Наибольшее число родов содержат семейства *Asteraceae* (27) и *Poaceae* (15), далее следуют *Rosaceae* (11), *Caryophyllaceae* (10), *Ranunculaceae* (9), *Apiaceae* (9), *Brassicaceae* (7), *Polygonaceae* (7), *Orchidaceae* (6), *Scrophulariaceae* (6), *Ericaceae* (6), *Lamiaceae* (5).

Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, к числу которых относится 72,3% выявленных сосудистых растений. Большинство бореальных видов являются широко распространенными. Суммарное участие во флоре северных широтных групп составило 7,1%. Арктических видов нет. Из аркто-альпийских видов (1,1%) встречаются ива копьевидная (*Salix hastata*), манжетка Мурбека (*Alchemilla murbeckiana*), горец живородящий (*Bistorta vivipara*), соссюрея альпийская (*Saussurea alpina*). Из гипоарктических видов (6%) – хвощ камышковый (*Equisetum scirpoides*), водяника гермафродитная (*Empetrum hermaphroditum*), звездчатка толстолистная (*Stellaria crassifolia*), морошка (*Rubus chamaemorus*), пушица многоколосковая (*Eriophorum polystachion*), осока заливная (*Carex paurpercula*), вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica*), белокопытник холодный (*Petasites frigidus*).

Южные широтные группы включают неморальные и неморально-бореальные, в общей сложности их доля достигает 6,9%. Лесостепных видов семь (2%) – осока ранняя (*Carex praecox*), смолевка татарская (*Silene tatarica*), астрагал датский (*Astragalus danicus*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*), василек луговой (*Centaurea jacea*), василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*), белокопытник ложный (*Petasites spurius*). Неморальных видов во флоре три (0,9%) – фиалка удивительная (*Viola mirabilis*), звездчатки ланцетовидная (*Stellaria holostea*) и лесная (*Stellaria nemorum*). Неморально-бореальных на порядок больше (14 видов или 4%) – волчье лыко обыкновенное (*Daphne mezereum*), яснотка белая (*Lamium album*), скерда болотная (*Crepis paludosa*), чина весенняя (*Lathyrus vernus*), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys*), перловник поникший (*Melica nutans*) и др. Виды с полизональным распространением составляют 13,7% флоры. Часть из них являются сорными и произрастают на нарушенных местах около лесных избушек, на суходольных лугах и по лесным дорогам пересекающая заказник: хвощ полевой (*Equisetum arvense*), чертополох курчавый (*Carduus crispus*), звездчатка средняя (*Stellaria media*), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), крапива двудомная (*Urtica dioica*) и др. Другие – обитатели различных водоемов: телорез алоевидный (Stratiotes

aloides), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum*).

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими и евразиатскими ареалами (соответственно 33,7 и 40,9%). К голарктическим относятся следующие виды – кочедыжник женский (*Athyrium filix-femina*), осока буроватая (*Carex brunnescens*), болотница болотная (*Eleocharis palustris*), звездчатка длиннолистная (*Stellaria longifolia*), грушанка малая (*Pyrola minor*) и др.; к евроазиатским – вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum*), осока острая (*Carex acuta*), василистник простой (*Thalictrum simplex*) и др. К азиатским видам (4%) относятся пихта сибирская (*Abies sibirica*), воронец красноплодный (*Actaea erythrocarpa*), ива енисейская (*Salix jenisseensis*), княжик сибирский (*Atragene sibirica*), жимолость Палласа (*Lonicera pallasii*). Европейские виды – щитовник картузианский (*Dryopteris carthusiana*), ива миризинолистная (*Salix myrsinifolia*), сердечник горький (*Cardamine amara*), бутень Прескотта (*Chaerophyllum prescottii*), короставник полевой (*Knautia arvensis*) – составляют 17,1%. Космополитных видов немного, 4,3%. К их числу относятся многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrhiza*), гроздовник полулунный (*Botrychium lunaria*), мшанка лежачая (*Sagina procumbens*), болотник болотный (*Callitriche palustris*).

Экологические группы видов растений выделяли на основе их отношения к фактору увлажнения. Около половины видов растений флоры заказника (51,7%) относятся к мезофитам – растениям, которые произрастают в местах с достаточным, но не избыточным увлажнением: костер безостый (*Bromopsis inermis*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), осока влагалищная (*Carex vaginata*), щавель курчавый (*Rumex crispus*), клевер средний (*Trifolium medium*). Немного меньше видов (39,2%) принадлежит к группам растений, характерных для сырых местообитаний – гигромезофитам (8,5%): двукисточник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea*), мятлик болотный (*Poa palustris*), кипрей болотный (*Epilobium palustre*), бодяк огородный (*Cirsium oleraceum*), гигрофитам (23,1%): – осока волосистоплодная (*Carex lasiocarpa*), шейхцерия болотная (Scheuchzeria palustris), селезоночник очереднолистный (*Chrysosplenium alternifolium*), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), звездчатка болотная (*Stellaria palustris*), фиалка болотная (*Viola palustris*); гидрофитам (2,9%) – стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia*), камыш озерный (Scirpus lacustris), белокрыльник болотный (*Calla palustris*), горец земноводный (*Persicaria amphibia*), хвостник обыкновенный (*Hippuris vulgaris*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*); и гидатофитам (4,9%) – рдест альпийский (*Potamogeton alpinus*), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae*), кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida*), водяной лютик (*Batrachium trichophyllum*). Растений сухих местообитаний, т. е. ксеромезофитов – осока ранняя (*Carex praecox*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*), ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica*), короставник полевой (*Knautia arvensis*) зарегистрировано 32 вида или 9,1%. Они произрастают основном в

сосновых лесах заказника и нарушенных сухих местообитаниях около лесных избушек.

В заказнике «Маджский» охраняемых растений, которые включены в Красную Книгу Республики Коми (2009), не обнаружено. Два вида растений – любка двулистная (*Platanthera bifolia*) из семейства орхидные (*Orchidaceae*) и кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida*) из семейства кувшинковые (*Nymphaeaceae*), нуждаются в биологическом надзоре, и включены в дополнительную группу охраны.

Флора высших сосудистых растений заказника «Маджский» составляет 350 видов относящихся к 202 родам и 72 семействам. Уровень видового богатства является средним для подзоны средней тайги и набор видов является обычным, флора является типично бореальной. Показатели систематической, географической, ценотической, экологической и биологической структуры являются характерными для флор подзоны средней тайги. В ценотическом анализе преобладают виды лесных и луговых сообществ, участие сорных видов значительно, что свидетельствует о среднем антропогенном воздействие на данную территорию.

Исследования выполнены при частичной поддержке проекта ПРООН/ГЭФ-КОМИ «Биоразнообразие девственных лесов Печорского Приуралья».

Литература

Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 2014. 428 с.

Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 792 с.

Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ВЕРХНЕ-ИЛЫЧСКОЙ ДОЛИНЫ (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ, РЕСПУБЛИКА КОМИ), ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБЪЕКТА НОМИНАЦИИ «ДЕВСТВЕННЫЕ ЛЕСА КОМИ»

В. А. Канев
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
kanev@ib.komisc.ru

Республика Коми, расположенная на европейском северо-востоке России, выгодно отличается от соседних субъектов Российской Федерации хорошо развитой сетью особо охраняемых территорий (Особо охраняемые.., 2011). Она включает 240 объектов, занимающих площадь 5 431 873.3 млн. га или порядка 13,0% от общей площади республики. Два из них (Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник и национальный парк «Югыд ва») имеют федеральный статус, остальные – региональное подчинение (Кадастр.., 2014).

Однако, анализ пробелов сети ООПТ в Республике Коми показал, что при наличии большого числа сильных сторон сформированная к настоящему моменту региональная сеть особо охраняемых объектов не может быть признана в

полной мере соответствующей требованиям, предъявляемым к сетям ООПТ на международном уровне (Особо охраняемые.., 2011).

Особое место в комплексе работ, направленных на совершенствование системы ООПТ республики, занимает расширение границ объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми». Так, в настоящее время в состав ООПТ не входит участок, расположенный между южной границей национального парка «Югыд ва» и северной границей Печоро-Илычского заповедника (долина верхнего течения р. Илыч). В рамках целесообразности включения данной территории в состав номинации «Девственные леса Коми» и оценки состояния природных комплексов, были проведены ботанические исследования с целью инвентаризации флоры данного района, выявления местообитания редких и охраняемых видов растений, степени нарушенности естественных растительных сообществ.

В результате проведенных исследований в Верхне-Илычской долине (от истока до устья р. Кожим), было выявлено, что флора высших сосудистых споровых, голосеменных и покрытосеменных растений составляет 344 вида относящихся к 202 родам и 70 семействам. Десять видов относится к отделу папоротникообразные – страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris)*, диплазий сибирский (*Diplazium sibiricum),* пузырник горный (*Rhizomatopteris montana),* криптограмма Стеллера (*Cryptogramma stelleri),* пузырник ломкий *(Cystopteris fragilis)* и др. Шесть видов относится к отделу хвощи – хвощи полевой, речной, болотный, луговой, лесной, камышковый (*Equisetum arvense, E. fluviatle, E. palustre, E. pratense, E. scirpoides, E. sylvaticum*). Шесть видов относится к отделу плауновидные – плаун сплюснутый (*Diphasiastrum complanatum*), альпийский (*Diphasiastrum alpinum*), булавовидный (*Lycopodium clavatum*), годичный *(L. annotinum*), одноколосковый (*L. lagopus*) и плаунок плауновидный (*Selaginella selaginoides*), которые обычны в различных лесах и по берегам рек. Семь видов принадлежат к отделу голосеменных растений, которые представлены хвойными растениями – пихта сибирская (*Abies sibirica*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), сосна сибирская (*Pinus sibirica*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*) и сибирский (*Juniperus sibirica*).

Наибольшим разнообразием отличаются семейства астровые (*Asteraceae*) – 35 видов, мятликовые (*Poaceae*) – 32, осоковые (*Cyperaceae*) – 32, лютиковые (*Ranunculaceae*) – 21, розоцветные (*Rosaceae*) – 18, гвоздичные (*Caryophyllaceae)* – 16, ивовые (*Saicaceae*) – 14, орхидные (*Orchidaceae*) – 11, бобовые (*Fabaceae*) и норичниковые (*Scrophulariaceae)* с 10 видами каждое.

Среди ведущих родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* (26 видов), которые являются обычными травянистыми растениями на болотах, по берегам рек, в заболоченных лесах. Вторым родом по численности видов является *Salix* (13). Относительным разнообразием видов также отличаются роды *Equisetum, Ranunculus, Rubus, Galium, Lusula, Calamagrostis, Hieracium, Poa.* Наибольшее количество родов содержат семейства *Asteraceae* (25) и *Poaceae* (18), далее следуют *Rosaceae* (13), *Ranunculaceae* (12), *Apiaceae* (8), *Caryophyllaceae* (8), *Orchidaceae* (7), *Scrophulariaceae* (6), *Ericaceae* (6), *Fabaceae* (6).

Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, к числу которых относится более 68,6% выявленных сосудистых растений. Суммарное участие северных широтных групп составило 18%. Арктических видов три (1,2%) – ива шерстистая (*Salix lanata),* астрагал субполярный *(Astragalus subpolaris*), копеечник арктический (*Hedysarum arcticum*). Из аркто-альпийских видов (19 или 6,7%): встречаются мятлик альпийский (*Poa alpina),* ива копьевидная (*Salix hastata*), фиалка двуцветная (*Viola biflora)* и др. Из гипоарктических видов (40 или 11,1%) – пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum),* ольховник кустарниковый *(Duschekia fruticosa),* очанка холодная *(Euphrasia frigida),* береза карликовая *(Betula nana*), жирянка обыкновенная (*Pinguicula vulgaris*) и др.

Суммарное участие северных широтных групп составило 5,3%. Три вида (1,2%) относится к неморальным – звездчатка лесная (*Stellaria nemorum*), ланцетовидная (*Stellaria holostea*), осока пальчатая (*Carex digitata*). Неморально-бореальных видов 12 или 3,5% – бор развесистый (*Milium effusum*), скерда болотная (*Crepis paludosa*), телиптерис лесной (*Phegopteris connectilis*) и др. Лесостепные видов два – смолевка татарская (*Silene tatarica*), ветреница лесная (*Anemone sylvestris*). Двадцать семь видов имеют полизональное распространение (7,8%) – ситник лягушачий (*Juncus bufonius*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), двукисточник канаречниковидный (*Phalaroides arundinacea*), ежеголовник простой (*Sparganium emersum*), рдест альпийский (*Potamogeton alpinus*). Среди полизональных видов есть сорные растения – сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), ромашка ромашковидная (*Lepidotheca suaveolens*) и др., которые отмечены около лесных избушек.

В составе флоры данного района среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими и евразиатскими ареалами (участие видов этих групп 36,9 и 39,2% соответственно). Расположение данной территории на Урале обусловило наличие азиатских видов, доля которых составила 8,4%. Европейских видов немного больше, чем видов предыдущей группы – 12,2%. Космополитных видов десять (2,9%) – рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus*), рдест плавающий (*Potamogeton natans*), мшанка лежачая (*Sagina procumbens),* болотник короткоплодный *(Callitriche cophocarpa*) и др.

Один вид является эндемиком Северного и Приполярного Урала – ветреница пермская (*Anemonastrum biarmense*).

В Верхне-Илычской долине отмечено 13 видов охраняемых и редких видов сосудистых растений, которые включены в Красную книгу Республики Коми (2009). Пять видов – сосна сибирская (*Pinus sibirica),* пион уклоняющийся (*Paeonia anomala),* родиола розовая (*Rhodiola rosea),* ветреница пермская (*Anemonastrum biarmiense),* венерин башмачок пятнистый *(Cypripedium guttatum*) отнесены к группе таксонов с категорией статуса редкости 2. Семь видов – криптограмма Стеллера (*Cryptogramma stelleri),* пальчатокоренник балтийский (*Dactylorhiza baltica),* пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri*), ветреница лесная (*Anemone sylvestris),* фиалка Морица (*Viola mauritii*), девясил иволистный (*Inula salicina*), соссюрея малоцветковая (*Saussurea parviflora*) классифицированы как редкие (категория статуса 3).

Один вид – кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus)*, относится к группе 4 (вид с неопределенным статусом). Три вида – пальчатокоренник Фукса (*Dactylorhiza fuchsii*), кокушник комариный (*Gymnadenia conopsea)*, копеечник арктический (*Hedysarum arcticum*), нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение к региональной Красной книге.

В целом флора Верхне-Илычской долины имеет типично бореальные черты, показатели систематической и географической структуры флоры характерны для подзоны северной тайги, но заметно увеличение доли участия северных видов, которые произрастает на скальных выходах, бечевниках и в горно-лесном поясе. Сорных и заносных видов относительно мало, которые обнаружены только около лесных избушек, что говорит о малом антропогенном воздействии на флору. На данной территории преобладают природные комплексы, состояние которых можно оценить, как мало нарушенное или близкое к естественному. Здесь произрастает 13 видов охраняемых и редких видов сосудистых растений, которые включены в Красную книгу Республики Коми (2009), что говорит о целесообразности включения данной территории в номинацию «Девственные леса Коми».

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта П-15-12-4-1 «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми»» (рег. № 115082510014), реализуемого в рамках программы Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

Литература

Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 2014. 428 с.

Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 721 с.

Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.

КОНСОРТИВНЫЙ ПОДХОД ПРИ ИЗУЧЕНИИ МИКОБИОТЫ ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

М. В. Сидельникова [1, 2]***, Д. Ю. Власов*** [3]

[1] *Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, kapa0505@mail.ru*

[2] *Санкт-Петербургский государственный университет, marsz@yandex.ru*

[3] *Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, dmitry.vlasov@mail.ru*

Зеленые насаждения и парки играют важную роль в формировании городских ландшафтов и создании экологических условий для жизни людей в городах. Однако деревья и кустарники, подвергающиеся высокой антропогенной нагрузке, часто можно характеризовать как ослабленные. На них появляются признаки заболеваний различной природы. На древесных и кустарниковых по-

родах поселяются многие виды грибов, способные заметно ухудшать состояние растений, а иногда вызывать их гибель. В этой связи особое значение приобретает своевременная оценка состояния древостоя. Обычно она проводится по стандартной лесопатологической методике, использующей комплекс внешних признаков (Мозолевская и др., 1984). Состав микобиоты при этом часто не учитывается. Вместе с тем, на деревьях и кустарниках в скверах и парках поселяется множество паразитических микроскопических грибов, развиваются дереворазрушающие грибы-макромицеты (Сидельникова, Власов, 2015). На одном дереве можно обнаружить одновременно грибы разных видов, от взаимодействия которых часто зависит характер и динамика проявления болезней. Кроме того, на растениях развиваются вредители, которые вносят свой «вклад» в ухудшение состояния древостоя. Необходимо учитывать, что в городах деревья могут располагаться одиночно, группами, куртинами или в виде линейных посадок. Когда речь идет о таком распределении растений, то для описания микобиоты на них наиболее адекватным можно считать консортивный подход. Он предполагает выявление максимально полного спектра обитателей дерева (индивидуальная консорция) или растений одного вида (видовая консорция). Такой подход мы применили при обследовании насаждений в центральной части Санкт-Петербурга (парк при Обуховской больнице), а также в пригородных парках (Павловский парк, Екатерининский парк, Верхний сад и Нижний парк ГМЗ «Петергоф», Нижний сад и Верхний парк Ораниенбаума).

Целью этой работы было выявление состава грибов из различных трофических групп на основных древесных и кустарниковых породах в антропогенных ландшафтах, а также установление взаимосвязи между состоянием деревьев и составом обитающих на них грибов (консортов).

Микологические обследования на территории Санкт-Петербурга и пригородов проводились в весенне-летний периоды 2014–2015 гг. В ходе обследований обращали внимание на возраст растений, их жизнеспособность, оценивали влияние окружающей территории, отмечали признаки заболеваний растений (плодовые тела грибов, усыхание или отмирание ветвей, дуплистость, суховершинность и др.), фиксировали зоны накопления растительных остатков с потенциальными источниками грибной инфекции, отмечали развитие грибов на почве (индикаторы состояния почвенного покрова). Основное внимание было уделено микромицетам, развивающимся на листьях и ветвях живых деревьев. Кроме того, отмечали присутствие ксилотрофных (дереворазрушающих) грибов, представляющих наибольшую опасность для старовозрастных деревьев в зеленых насаждениях. Отмечали деревья, которые находятся в критическом состоянии и должны быть убраны, а также те деревья, которые следует сохранить из-за их экологической и исторической ценности. В ходе обследований проводилась фотофиксация микологических объектов, осуществлялся сбор образцов с пораженных растений. Отбор и гербаризация образцов пораженных растений, а также плодовых тел макромицетов осуществлялись в соответствии с общепринятыми методами. Определение микро- и макромицетов осуществлялось по определителям (Бондарцев, 1953; Мережко, 1980; Мельник, 1992; Черепанова, 2004) с использованием световой микроскопии.

В результате проведенных исследований на деревьях и кустарниках были выявлены грибы, вызывающие поражение листьев и ветвей в период активной вегетации. В парках были отмечены мучнисторосяные грибы (роды *Erysiphe, Sawadaea, Phyllactinia*), возбудители ржавчины (роды *Puccinia, Phragmidium, Pucciniastrum, Melampsoridium*), возбудители пятнистостей (*Gloeosporium tiliae, Passalora microsora, Fusicladium radiosum*). Вредоносна мучнистая роса на карагане древовидной (возбудитель *Erysiphe palczewskii*), ржавчина характеризуется умеренным развитием, а черная пятнистость листьев клена *Rhytisma acerinum* в последние годы приобрела характер эпифитотии (в основном на поросли клена остролистного). На ветвях разных видов деревьев и кустарников часто встречается *Tubercularia vulgaris,* виды рода *Cytospora,* возбудители некроза ветвей *Diaporthe spp.* с анаморфой из рода *Phomopsis.* Выявлены возбудители тиростромоза липы *Thyrostroma compactum* и голландской болезни вязов *Ophiostoma ulmi*.

Именно вязам мы уделили особое внимание в связи с их массовой гибелью, обусловленной развитием голландской болезни. Деревья вязов с их многочисленными поселенцами могут служить хорошей моделью консорции, формирующейся в городской среде. Кроме возбудителя голландской болезни и его переносчиков (короедов р. Scolytus) на ослабленных или сухостойных деревьях вяза развивается множество грибов. Так, на сухостое вязов в парке при Обуховской больнице нами были обнаружены плодовые тела обыкновенного трутовика *Fomes fomentarius* (рис.1), чешуйчатки разрушающей *Hemipholiota destruens,* зимнего опенка *Flammulina velutipes* и чешуйчатого трутовика *Polyporus squamosus*. На ветвях вяза выявлены микромицеты из родов *Diplodia* и *Microdiplodia*, а также *Encoelia fascicularis (=Cenangium populneum).* При опадении коры с сухостойных деревьев вязов обнаруживаются многочисленные ходы заболонников. Своеобразные комплексы макро- и микромицетов были выявлены нами также на дубах, липах, которые составляют значительную долю посадок древесных растений в Санкт-Петербурге и пригородах. Грибные комплексы были обнаружены также на тополе и боярышнике (Власов, Сидельникова, 2014). Особое место в консорциях древесных пород принадлежит грибам филлопланы, изучение которых мы проводим в настоящее время.

Рис. Плодовые тела *Fomes fomentarius* на дереве вяза, погибшего от голландской болезни

Таким образом, консортивный подход при изучении микобиоты древесных и кустарниковых растений в городской среде открывает возможности для лучшего понимания причин изменения фитосанитарного состояния насаждений, особенностей формирования комплексов микро- и макромицетов на различных древесных и кустарниковых породах, а также путей распространения опасных заболеваний растений в антропогенных ландшафтах.

Литература

Бондарцев А. С. Трутовые грибы Европейской части СССР и Кавказа. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1953. 1107 с.

Власов Д. Ю., Сидельникова М. В. Микромицеты на древесно-кустарниковых породах в пригородных парках Санкт-Петербурга // Изв. С.-Петерб. гос. аграр. ун-та, 2014. № 37. С. 30–34.

Мельник В. А., Попушой И. С. Несовершенные грибы на древесных и кустарниковых породах. Кишинев: Штиинца, 1992. 368 с.

Мережко Т. А. Флора грибов Украины. Сферопсидальные грибы. Киев: Наукова Думка, 1980. 208 с.

Мозолевская Е. Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней. М.: Лесная промышленность, 1984. 152 с.

Сидельникова М. В., Власов Д. Ю. Фитосанитарное обследование зеленых насаждений в парке Обуховской больницы города Санкт-Петербурга // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов: Сб. статей пятой междунар. науч.-практ. конф. Волгоград, 2015. С. 158–163.

Черепанова Н. П., Черепанов П. С. Определитель мучнисто-росяных грибов (пор. Erysiphales) Северо-Запада России: Учеб. пособие. СПб: Инновац. центр защиты растений, 2004. 80 с.

НАХОДКИ РЕДКИХ ВИДОВ ГРИБОВ НА ТЕРРИТОРИИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Н. Соловьев
Всероссийский НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова, biomon@mail.ru

Приведены фактические данные о находках редких видов грибов, занесенных в Красную книгу Кировской области.

Саркосома шаровидная Sarcosoma globosum (Schmidel) Casp. Сапрофит, предпочитает хвойные насаждения. Плодовые тела появляются в основном весной, во время таяния снега: Орловский район, у д. Кодоловщина 05.2001 г. М. П. Кодолов; Слободской район, правый берег р. Никульчинка у дороги на п. Боровица многочисленные плодовые тела диаметром 3–5 см в глубине ельника-зеленомошника в прогалинах еще не полностью сошедшего снегового покрова 1.05.1999 г. А.Н. Соловьев; Слободской район, Булдаковский лес (ельник) в 4 км от д. Субботиха 05.2001 г. Л.Д. Попова; у п. Стеклозавод 05.2001 г.; окр. п. Зониха; Оричевский район, окр. п. Оричи, небольшой участок старого елового леса в массиве смешанного леса севернее д. Смирновы и бывшей д. Чертаки 7.05.2001 г. Г.Г. Елькина; Нагорский район, лес у п. Кобра 6.05.2001

г. Г.П. Окишева; Верхнекамский район, ельник в долине р. Кама у с. Кай 25.05.2001 г. В.Н. Сотников; Куменский район, ельник у п. Речное 7.05.2001 г. А. Н. Соловьев; Юрьянский район, у быв. д. Горохово 1998 г.; ельник у с. Загарье 20.05.2001 г.; у п. Коминтерновский (Гнусино) 19.05.2001 г. В. В. Пальмов; Кирово-Чепецкий район, густой старый еловый лес у с. Русское 15.05.2001 г. Л. С. Голушкова; Орловский район, у д. Кодоловщина 05.2001 г. М. П. Кодолов; Опаринский район, окр. п. Опарино 7.05.2001 г. Г.М. Чагаев.

Под названием «земляной гриб» местные жители собирают в лечебных целях.

Гиропорус синеющий, синяк, гиропор березовый, гиропор синеющий Gyroporus cyanescens (Fr.) Quel. Резко синеет на срезе или изломе. Встречается, как правило, на песчаной почве в лиственных и смешанных лесах в симбиозе с березой и сосной. Чаще в августе-сентябре на обочинах грунтовых дорог в лесах разного типа: от сырых березняков до сухих сосняков: Юрьянский район, восточнее ж-д. ст. Чащинский 1999 г.; Свечинский район, сосновый бор на левом берегу р. Ацвеж 2000 г.

Ежевик (*герций*) *коралловидный Hericium coralloides* (Fr.) Pers. Распространен в Западной Европе (Карпаты), где встречается на хвойных видах деревьев. Нахождение этого вида в Кировской области проблематично. Указания на его находки на территории области, скорее всего, ошибочны и относятся к похожему на него относительно обычному у нас *ежевику решетчатому Hericium clathroides* (Pallas: Fr.), встречающемуся преимущественно на валеже лиственных видов деревьев – береза, осина, дуб, тополь. Тем не менее, его иногда сводят в синонимы *ежевика коралловидного*.

Белохолуницкий район, сосновый бор на левом берегу р. Вятка напротив п. Нагорск 1984 г. С. Н. Бучнев; Кильмезский район, осинник с примесью ели и липового подроста в окр. пос. Каменный Перебор, под сгнившим стволом 7.09.1988 г. В. Н. Сотников; Афанасьевский район, Томызское л-во, на просеке в смешанном лесу 28.07.1989 г. А.Н. Соловьев; Юрьянский район, в 1,5 км западнее остановочной платформы «44-ый км» смешанный перелесок с преобладанием ели, на поляне, заросшей малинником, под отставшей берестой трухлявого ствола поваленной березы при снеговом покрове 4.10.1992 г. С. Б. Сорокина; Юрьянский район, восточнее п. Искра сырой ельник-черничник у р. Пагинка 28.07.1994 г., там же – 1996 г. В. В. Ширяев; Юрьянский район, влажный смешанный лес в 7 км севернее ж.-д. ст. Чащинский, на трухлявом березовом валеже 21.08.1999 г. А. Н. Соловьев; Кильмезский район, хвойно-широколиственный лес в пойме р. Лобань у д. Рыбная Ватага 24.08.2000 г. А. Н. Соловьев; Слободской район, Бобинский бор, в смешанном лесу ежегодно с 2004 по 2007 гг. на валеже березы пока не сгнила, в 2011 г. в другом месте на живой березе А. М. Шилов.

Паутинник фиолетовый Cortinarius violaceus (L.) Gray. Микоризный симбионт преимущественно березы, реже осины, тополя, дуба, предположительно также ели, сосны. В мшистых, лиственных и смешанных лесах одиночно и небольшими группами на кислой, богатой гумусом почве: Слободской район,

Бобинский бор, в сыром хвойном (ель, сосна) лесу с 2005 г. ежегодно с середины августа до конца сентября (до заморозков) А. М. Шилов.

Полипорус зонтичный, грифола зонтичная, трутовик разветвленный Polyporus umbellatus (Pers.: Fr.) Fr. [Grifola umbellata (Pers.: Fr.) Pilat]. На гниющей древесине в лесах с преобладанием дуба, клена или липы: Шабалинский район, Быстровское л-во, елово-лиственный перелесок по высокому правому берегу р. Ветлуга в 2 км ниже с. Быстри в начале августа 1993 г. Г. И. Юферев; Афанасьевский район, окр. п. Афанасьево 08.1999 г. А. Н. Сысолятин; Юрьянский район восточнее п. Искра на почве в смешанном (ель, береза, осина) лесу снытево-черничном 28.07.1994 г.; там же на почве в сосново-березовом лесу с черемухой в подлеске 08.1996 г. В. В. Ширяев.

Грифола курчавая (*многошляпочная*), *гриб-баран Grifola frondosa* (Fr.) S.F. Gray. Фитопатогенный, растет у основания стволов старых лиственных деревьев (дуб, клен), реже сосны, лиственницы, вызывая белую гниль древесины. Плодоносит редко, одиночно. Афанасьевский район, окрестности п. Афанасьево 08.1999 г. А. Н. Сысолятин.

Дождевик (головач) гигантский, или *дождевик исполинский Langermannia gigantea* (Pers.) Rostk., (или *Calvatia gigantea*, или *Lycoperdon giganteum*, или *Lasiosphaera gigantea*). На почве в лиственных и смешанных лесах, на полях, лугах, на выгонах: Подосиновский район, правый берег р. Пушма 28.08.1982 г.; Свечинский район, д. Шмелево у пней тополя бальзамического Г. И. Юферев; Кирово-Чепецкий район, на гриве в пойме правого берега р. Чепца у п. Каринторф 08.1998 г. Е.М. Тарасова; Орловский район, у д. Кодоловщина 2001 г.; Тужинский район, заросли кустарника у свинокомплекса в д. Азансола 10.2001 г. Н.И. Шушканов; г. Киров, плодовое тело окружностью 125 см, весом 5 кг у д. Б. Гора 17.09.2003 г.; в соседней д. Родинцы на хорошо удобренной почве в огородах 08.2012 г. В. Мусихин; г. Киров, подсобное хоз-во у п. Коминтерновский, на поляне несколько плодовых тел 19.09.2005 г. Н. Фоминых; Кильмезский район, левый берег р. Лобань смешанный лес у д. Рыбная Ватага 24.08.2000 г. А.Н. Соловьев; Уржумский район, пустырь в бывшей деревне Пиля 17.08.2007 г. А. Н. Соловьев; Кирово-Чепецк, в огороде 10.2010 г. О. Ю. Перевозчикова.

Мутинус Равенеля Mutinus ravenelii (Berk. et Curtis) E. Fischer. Заносный вид. Зрелые плодовые тела с резким запахом разлагающейся падали, исходящего в основном от ярко-красной «ножки» и привлекающего мух на расплывающуюся коричневую глебу на верхней части гриба. Мухи переносят находящиеся в слизи споры. Вид занесен в Европу из Северной Америки. Впервые обнаружен на территории Берлинского ботанического сада, куда попал вместе с почвой. С тех пор распространяется по европейским странам. Встречается обычно вблизи троп, у населенных пунктов, на огородах, что свидетельствует о его антропическом расселении (главным образом с почвой). В Кировской области впервые найден в Оричевском районе на южной стороне искусственной песчаной дамбы пруда у п. Мирный (Марадыковский) под кустом жимолости Палласа: два увядающих палочковидных рецептакула и 5 молодых яйцевидных плодовых тел, из одного на следующий день поднялся рецептакул с оливково-

серой глебой на вершине, которая уже к вечеру растворилась 21–22.08.1998 г. А. Н. Соловьев; вторая находка в Кировской области – г. Киров, на садовом участке в садоводческом массиве у южной окраины города С. Ф. Стреляный 04.09.2015 г.

Мутинус собачий Mutinus caninus (Huds) Fr. На богатой органикой почве, лесной подстилке, гнилой погребенной древесине во влажных местах, чаще небольшими группами. По своему тропическому происхождению относится к реликтовым видам. Яранский район, еловый лес у с. Огнетово 08.1992 г. Г. А. Лебедев.

Сетконоска сдвоенная, дама с вуалью Dictyophora duplicata (Bosc.) Fischer. Редко одиночными экземплярами или группами по 3–6 плодовых тел. От места соединения шляпки с ножкой свисает сетчатое образование – «вуаль» (сетчатая индузия), доходящая до середины или основания ножки. Она служит для увеличения площади поверхности, источающей неприятный для человека, но привлекательный для мух запах гнили. Расплывающаяся зрелая спороносная часть издает сильный неприятный запах, привлекающий мух, распространяющих споры. Растет на гумусе или сильно разложившейся древесине в лиственных лесах. Плодовые тела с июля по сентябрь, но не ежегодно. Котельничский район, еловый лес у д. Зайцевы 09.1978 (?) г. Г. И. Микишев.

ПЕРВИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ БИОТЫ АФИЛЛОФОРОИДНЫХ ГРИБОВ ГПЗ «ПИЖЕМСКИЙ» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

И. В. Ставишенко [1], Е. А. Лугинина [2]
[1] Институт экологии растений и животных УрНЦ РАН,
[2] ВНИИОЗ им. проф. Б.М. Житкова,
stavishenko@bk.ru

Комплексный (ландшафтный) Государственный природный заказник регионального значения «Пижемский» (ГПЗ «Пижемский»), площадь которого составляет 30847,94 га, расположен вдоль рек Немда и Пижма в юго-западной части Кировской области на территории 5 муниципальных районов: Котельничского, Тужинского, Пижанского, Арбажского и Советского. Протяжённость заказника по руслу реки Пижмы – 202 км, по руслу р. Немды – 42 км (kirovreg.ru›econom/prres/zakaznik/pigems.php). Охраняемая территория принадлежит к Немдинско-Вятскому правобережному карстовому району, Пижма–Вятско-Чепецкому геоботаническому округу (Геоботаническое районирование…., 1989; Энциклопедия…, 1997).

Зональным типом растительности заказника являются хвойно-широколиственные леса, в верхних ярусах которых помимо ели, пихты, сосны и мелколиственных видов (береза, ива, ольха, осина) встречаются и представители широколиственных пород: дуб, вяз, клён, липа (Тарасова, 2007). Леса ГПЗ «Пижемский» имеют особо ценное защитное значение для крупнейших рек области.

До настоящего времени таксономическое разнообразие афиллофороидных грибов ГПЗ «Пижемский» не изучалось, что и послужило основанием для проведения здесь микологических исследований. Инвентаризационные исследования микобиоты проводились маршрутным методом в конце сентября – начале октября в юго-западной части территории заказника в лесных биотопах право- и левобережья р. Пижма ($57^0$43' с.ш., $47^0$51'–$47^0$57' в.д.). В результате исследований собрана коллекция афиллофороидных видов грибов, насчитывающая около 250 образцов.

По результатам первичной обработки собранного полевого материала составлен предварительный список видов афиллофороидных грибов заказника «Пижемский», насчитывающий 65 видов и 2 межвидовых таксона, относящихся к 7 порядкам, 14 семействам, 43 родам. В списке видовые названия и классификационная структура приведены по системе, принятой в «Index Fungorum» (www.indexfungorum.org).

Список видов афиллофороидных грибов Государственного природного заказника «Пижемский»

Agaricales

Incertae sedis – *Plicaturopsis crispa* (Pers.) D.A. Reid; **Cyphellaceae** – *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar; **Schizophyllaceae** – *Schizophyllum amplum* (Lév.) Nakasone; *S. commune* Fr.

Auriculariales

Auriculariaceae – *Auricularia mesenterica* (Dicks.) Pers.

Corticiales

Corticiaceae – *Cytidia salicina* (Fr.) Burt; *Punctularia strigosozonata* (Schwein.) P.H.B. Talbot.

Gloeophyllales

Gloeophyllaceae – *Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen) P. Karst.; *G. trabeum* (Pers.) Murrill.

Hymenochaetales

Incertae sedis – *Trichaptum abietinum* (Dicks.) Ryvarden; *T. biforme* (Fr.) Ryvarden; *T. fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden; **Hymenochaetaceae** – *Fomitiporia punctata* (Pilát) Murrill; *F. robusta* (P. Karst.) Fiasson et Niemelä; *Hymenochaete mougeotii* (Fr.) Cooke; *H. rubiginosa* (Dicks.) Lév.; *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pilát; *Phellinus igniarius* (L.) Quél.; *P. igniarius* subsp. nigricans (Fr.) Bourdot et Galzin; *P. igniarius* var. cinereus Niemelä; *P. laevigatus* (P. Karst.) Bourdot et Galzin; *P. lundellii* Niemelä; *P. populicola* Niemelä; *P. tremulae* (Bondartsev) Bondartsev et P.N. Borisov; *Porodaedalea pini* (Brot.) Murrill; *Xanthoporia radiata* (Sowerby) Ţura, Zmitr., Wasser, Raats et Nevo

Polyporales

Fomitopsidaceae – *Antrodia serialis* (Fr.) Donk; *A. sinuosa* (Fr.) P. Karst.; *A. xantha* (Fr.) Ryvarden; *Daedalea quercina* (L.) Pers.; *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst.; *F. rosea* (Alb. et Schwein.) P. Karst.; *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill; *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst.; *Postia caesia* (Schrad.) P. Karst.; *P. subcaesia* (A. David) Jülich; *Pycnoporellus fulgens* (Fr.) Donk; **Ganodermataceae** – *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.; **Meruliaceae** – *Bjerkandera adusta* (Willd.) P.

Karst.; *Gloeoporus dichrous* (Fr.) Bres.; *Irpex lacteus* (Fr.) Fr.; *Merulius tremellosus* Schrad.; *Phlebia radiata* Fr.; **Polyporaceae** – *Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill; *Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schröt.; *D. tricolor* (Bull.) Bondartsev et Singer; *Datronia mollis* (Sommerf.) Donk; *Diplomitoporus flavescens* (Bres.) Domański; *Fomes fomentarius* (L.) Fr.; *Hapalopilus nidulans* (Fr.) P. Karst.; *Lenzites betulina* (L.) Fr.; *Perenniporia subacida* (Peck) Donk; *Pycnoporus cinnabarinus* (Jacq.) P. Karst.; *Skeletocutis amorpha* (Fr.) Kotl. et Pouzar; *Trametes gibbosa* (Pers.) Fr.; *T. hirsuta* (Wulfen) Lloyd; *T. ochracea* (Pers.) Gilb. et Ryvarden; *T. pubescens* (Schumach.) Pilát; *T. suaveolens* (L.) Fr.; *T. trogii* Berk.;

Russulales

Bondarzewiaceae – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.; **Hericiaceae** – *Hericium coralloides* (Scop.) Pers.; *Laxitextum bicolor* (Pers.) Lentz; **Peniophoraceae** – *Sterellum rufum* (Fr.) J. Erikss. [= *Peniophora rufa* (Fr.) Boidin]; **Stereaceae** – *Stereum hirsutum* (Willd.) Pers.; *S. sanguinolentum* (Alb. et Schwein.) Fr.; *S. subtomentosum* Pouzar.

В приведенном к настоящему времени списке большинство видов афиллофороидных грибов представлено широко распространенными или массовыми видами. Однако некоторые виды являются индикаторными для старых лесов: *Daedalea quercina*, *Diplomitoporus flavescens, Perenniporia subacida, Pycnoporellus fulgens* (развиваются преимущественно на крупномерном старом хвойном или лиственном отпаде). Кроме того, в исследуемом районе выявлено три местообитания редкого и охраняемого в регионе *Hericium coralloides* (Красная книга Кировской области, 2014).

Литература

Геоботаническое районирование Нечерноземья Европейской части РСФСР. Л., 1989. 64 с.

Тарасова Е. М. Флора Государственного природного заказника «Пижемский» Ч. 1. Немдинский комплекс. Киров, 2007. 192 с.

Энциклопедия Земли Вятской. Т. 7. Природа, 1997. 606 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

www.indexfungorum.org

kirovreg.ru›econom/prres/zakaznik/pigems.php

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЗАПАСЫ ГРИБНЫХ РЕСУРСОВ НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯННИКАХ

А. Н. Уланов [1, 2], Н. А. Жолобова [1]

[1] Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

[2] Кировская лугоболотная опытная станция,

zholobova.natalya@inbox.ru, bolotoargo50@mail.ru

Различные специалисты определяют продуктивность биологических ландшафтов по соответствующим методикам: специалисты сельскохо-

зяйственных ландшафтов определяют через урожайность возделываемых культур либо через продукцию, получаемую от животных, питающихся кормами с данной территории; специалисты лесного хозяйства определяют по продуктивности древостоя; специалисты охотхозяйства – по видовому разнообразию животных и через их товарную массу. Существующую оценку продуктивности биологического ландшафта мы решили дополнить еще и определением урожайности грибов.

Цель работы: установить видовое разнообразие и запасы грибных ресурсов на выработанных торфяниках.

В качестве объекта исследования был выбран типичный для Северо-Востока Нечерноземья осушенный низинный торфомассив «Гадовское», занимающий площадь 3,0 тыс.га, большая часть которого выработана фрезерным способом в 40–60–е годы.

Определение типов фитоценозов произрастания макромицетов осуществлялось с применением общепринятой методики геоботанических исследований (Андреева 2002; Полевой экологический …, 2000).

Урожайность грибов определялась по общепринятым методикам (Васильков, 1968; Скрябина, 2000; Черкасов, 1986).

Согласно методикам были заложены 4 пробных (ПП) и 1 фоновая площадки на различно используемых выработанных торфяниках размером 20*20м. в период массового плодоношения макромицетов. На ПП № 1 представлен смешанный лес, с преобладанием ели обыкновенной (*Picea abis*), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и берёзы повислой (*Betula pendula*), средний возраст древостоя составляет 35 лет, происхождение фитоценоза – искусственное; на ПП № 2 представлен ивово-осиновый лес, с преобладанием ивы белой (*Salix alba*), осины обыкновенной (*Populus tremula*), средний возраст древостоя составляет 30 лет, происхождение фитоценоза — естественное (самосев); на ПП №3 представлен сосновый лес, с преобладанием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и ели обыкновенной (*Picea abis*), средний возраст древостоя составляет 40 лет, происхождение фитоценоза – искусственное; на ПП №4 представлен березняк, с преобладанием берёзы повислой (*Betula pendula*), средний возраст древостоя составляет 30 лет, происхождение фитоценоза — искусственное. Фоновая площадка заложена в условиях естественного фитоценоза смешанного леса, с преобладанием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и ели обыкновенной (*Picea abis*), средний возраст древостоя 80–90 лет. Почва среднеподзолистая, супесчаная, хорошо дренированная.

Учёты проводились в период июнь – август 2015 года.

Статистическую обработку данных производили с использованием программы STATISTICA 6,0.

Существует мнение о том, что выработанные торфяники представляют собой безжизненную техногенную пустыню, покрытую скудной древесно-кустарниковой, болотной растительностью. Действительно, спустя 5–10 лет с момента прекращения торфодобычи именно такую картину можно и увидеть. Но, с течением времени выведенная из равновесия экосистема всё же обретёт устойчивое состояние (Ветроградская, Уланов и др., 1993) и с территории осу-

шённых болот при правильной рекультивации возможно получение такой продукции как грибы. Их видовое разнообразие и показатели урожайности могут иметь как биологическую, так и хозяйственную ценность (Боч, Мазинг, 1979).

Заложение пробных площадок на исследуемой территории позволило выявить съедобные виды грибов на выработках различного срока давности, составляющих основу урожая. Видовое разнообразие макромицетов представлено: 96 видами грибов, 21 семейством и 34 родами. В таблице приведен видовой состав доминирующих съедобных видов грибов на выработках различного срока давности торфомассива «Гадовское».

Таблица

Видовой состав доминирующих съедобных грибов на выработках различного срока давности торфомассива «Гадовское»

Пробная площадка	Возраст выработки	Общее количество отмеченных видов	Доминирующая группа видов
№ 1	35	44	Белый гриб берёзовый *(Boletus betulícola)*, подберёзовик обыкновенный *(Leccinum scabrum)*, подберёзовик разноцветный *(Leccinum variicolor*), волнушка белая *(Lactarius pubescens)*, млечник камфорный *(Lactarius camphoratus)*
№ 2	30	25	Горькушка (*Lactarius rufus*), груздь перечный (*Lactarius piperatus*), дождевик мшистый (*Lycoperdon muscorum*), лаковица розовая (*Laccaria laccata*), рядовка бородатая (*Tricholoma vaccinum*)
№ 3	40	56	Рыжик еловый *(Lactarius deterrimus)*, лисичка обыкновенная *(Cantharēllus cibārius)*, белый гриб сосновый *(Bóletus pinophilus)*
№ 4	30	31	Сыроежка серая *(Russula grisea)*, паутинник пачкающийся *(Cortinarius collinitus)*, подберёзовик болотный *(Leccinum holopus)*, серушка *(Lactarius flexuosus)*
Фоновая площадка		95	Рыжик еловый *(Lactarius deterrimus)*, лисичка обыкновенная *(Cantharēllus cibārius)*, белый гриб сосновый *(Boletus pinophilus)*, подберёзовик обыкновенный *(Leccinum scabrum)*, подберёзовик разноцветный *(Leccinum variicolor*), волнушка белая *(Lactarius pubescens)*, горькушка (*Lactarius rufus*), груздь перечный (*Lactarius piperatus*)

При употреблении в пищу грибов населением учитываются вкусовые качества, которые определяются категорией гриба. Именно поэтому категория гриба – это важный показатель при расчёте хозяйственной значимости грибных ресурсов. В ивово-осиновом лесу (выработка 30 лет) грибы 1-ой категории отсутствуют. С увеличением срока давности выработки на контрольных площадках отмечено увеличение доли грибов 1-ой категории: появляются такие виды как белый гриб сосновый *(Boletus pinophilus)*, белый гриб берёзовый *(Boletus betulícola)*, лисичка обыкновенная *(Cantharēllus cibārius)*, груздь чёрный

(Lactarius necator), рыжик еловый *(Lactarius deterrimus)*, боровик придаточковый *(Boletus appendiculatus).*

На всех выработках в достаточном количестве присутствуют грибы 2,3 и 4 категории, что определяет высокую значимость их в использовании при правильном применении.

Процент червивости грибов зависит от климатических условий. Период проведения исследования совпал с затяжными дождями, поэтому средняя величина червивости грибов на пробных площадках равна 30%.

Общая урожайность плодовых тел съедобных грибов на территории выработанных торфяников зависит от срока давности выработки и от способа происхождения фитоценоза.

Величина урожайности съедобных грибов на выработках различного срока давности представлена на рис.

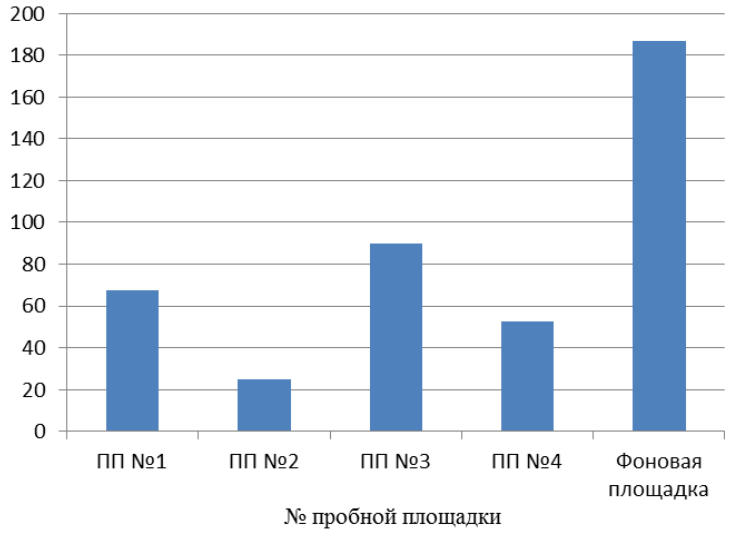


Рис. Урожайность съедобных грибов (кг/га) на выработках различного срока давности торфомассива «Гадовское»

Выводы: 1. Видовое разнообразие макромицетов представлено: 96 видами грибов, 21 семейством и 34 родами. Максимальным видовым разнообразием характеризуется сосняк разнотравный 40-летней давности выработки (56 видов), минимальным – ивняк осоково-злаковый (25 видов).

2. На всех выработках в достаточном количестве присутствуют грибы 2, 3 и 4 категории, что определяет высокую значимость их в использовании при правильном применении.

3. Средняя величина червивости грибов на контрольных площадках равна 30%.

4. Максимальная урожайность съедобных видов грибов отмечена на фоновой площадке (187 кг/га), в сосняке разнотравном 40-летней давности выработки (90 кг/га) и в смешанном лесу 35-летней давности выработки (67,5 кг/га).

Литература

Андреева Е. Н., Баккал И. Ю., Горшков В. В. и др. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СпбГУ, 2002. 240 с.

Боч М. С., Мазинг В. В. Экосистемы болот СССР. Л.: Наука, 1979. 188 с.

Васильков Б. П. Методы учёта съедобных грибов в лесах СССР. Л.: Наука, 1968. 68 с.

Ветроградская И. А., Уланов А. Н. И др. Динамика восстановления нарушенной болотной экосистемы // На торфяных почвах: науч. труды Кировской лугоболот. опыт. станции. Киров, 1993. С. 6–15.

Полевой экологический практикум. Учебное пособие. Йошкар-Ола: Мар. гос. университет, 2000. Ч. 1. 112 с.

Скрябина А. А. Методы ресурсной характеристики съедобных грибов // Проблемы региональной экологии: Материалы конф. Новосибирск: СО РАН, 2000. Вып. 8. С. 111–113.

Черкасов А. Ф. Метод расчёта запасов съедобных грибов по материалам лесоустройства / А. Ф. Черкасов, С. С. Веремьева // Вопросы лесного охотоведения и побочных пользований: Сб. научных трудов. Пушкино: ВНИИЛМ, 1986. С. 90–96.

ЛИШАЙНИКИ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ МОГУТОВОЙ ГОРЫ (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е. Д. Ильина, Е. С. Корчиков

Самарский государственный университет,

ilina.elena1994007@mail.ru, evkor@inbox.ru

В настоящее время профессором Института экологии Волжского бассейна РАН С. В. Саксоновым обобщены многочисленные сведения о жемчужине Самарской Луки – Могутовой горе (Могутова гора…, 2013). Им подробно описаны история, геология, растительный и животный мир, но полностью отсутствуют данные о лишайниках. С другой стороны, данный объект находится на территории национального парка «Самарская Лука», сотрудники которого, в свою очередь, заинтересованы в получении данных по разнообразию в том числе и лишайников.

Гора Могутова располагается в северной и наиболее высокой части Самарской Луки – Жигулёвских горах, и является единственной обособленной вершиной Жигулей (Кудинов, 2007). Большую часть Могутовой горы занимают лесные сообщества: сосновые, липовые, остролистнокленовые, берёзовые, осиновые и дубовые. Также на южных склонах представлены каменистые степи и луга. В данной работе представлены результаты исследований лишайников лесных сообществ.

Для выявления видового состава лишайников Могутовой горы использовали маршрутный метод. Поскольку лишайники приурочены к определённому типу субстрата и типу сообщества, маршруты планировались с учётом охвата наибольшего разнообразия биотопов.

В мае, июне и августе 2014 г. были организованы экспедиции на Могутову гору, на её южный, юго-восточный и восточный склоны и её вершину. На западном склоне находится карьер по добыче известняка. Пока нашими исследованиями не затронут северный склон горы.

В настоящее время на исследуемой территории выявлен 51 вид лишайников, относящихся к 33 родам, 19 семействам и 7 порядкам (табл.).

Таблица

Таксономический спектр лихенофлоры лесных сообществ Могутовой горы

Порядок, семейство	Род	Виды
***ARTHONIALES* Henssen ex D. Hawksw. et O. E. Erikss**. *Roccellaceae* Chevall.	*Opegrapha* Ach.	1. *Opegrapha rufecens* Pers.
***PLEOSPORALES* Luttrell ex M. E. Barr.** *Dacampiaceae* Körb.	*Eopyrenula* R. C. Harris	2. *Eopyrenula leucoplaca* (Wallr.) R. C. Harris
***LECANORALES* Nannf.** *Acarosporaceae* Zahlbr.	*Acarospora* A. Massal.	3. *Acarospora cervina* A. Massal.
Bacidiaceae W. R. Watson	*Bacidia* De Not.	4. *Bacidia ignarii* (Nyl.) Oxner 5. *Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal.
Candelariaceae Hakulinen	*Candelariella* Müll. Arg.	6. *Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr. 7. *Candelariella efflorescens* R. C. Harris et W. R. Buck
Cladoniaceae Zenker	*Cladonia* Hill. ex P. Browne	8. *Cladonia chlorophaea* (Flk. ex Sommerf.) Spreng.
Collemataceae Zenker	*Collema* F. H. Wigg.	9. *Collema polycarpon* Hoffm. 10. *Collema tenax* (Sw.) Ach. em. Degel.
	Leptogium (Ach.) Grey	11. *Leptogium tenuissimum* (Dicks.) Körb.
Hymeneliaceae Körb.	*Aspicilia* A. Massal.	12. *Aspicilia calcarea* (L.) Mudd
Lecanoraceae Körb.	*Lecanora* Ach.	13. *Lecanora allophana* Nyl. 14. *Lecanora chlarotera* Nyl. 15. *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. 16. *Lecanora muralis* (Schreb.) Rabenh. 17. *Lecanora saligna* (Schrad.) Zahlbr.
	Lecidella Körb.	18. *Lecidella stigmatea* (Ach.) Hertel et Leuckert
Micareaceae Vězda ex Hafellner	*Micarea* Fr.	19. *Micarea denigrata* (Fr.) Hedl.
Parmeliaceae Zenker	*Melanelixia* . Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw., et Lumbsch	20. *Melanelixia glabra* (Schaer.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. et Lumbsch 21. *Melanelexia subargentifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. et Lumbsch
	Parmelia Ach.	22. *Parmelia sulcata* Tayl.
	Parmelina Hale	23. *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale
Physciaceae Zahlbr.	*Amandinea* M. Choisy ex Scheid. et H. Mayrhofer	24. *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid.
	Anaptychia Körb.	25. *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb.
	Phaeophyscia Moberg	26. *Phaeophyscia nigricans* (Flk.) Moberg

Продолжение таблицы

Порядок, семейство	Род	Виды
Physciaceae Zahlbr.		27. *Phaeohiscia orbicularis* (Neck.) Moberg
	Physcia (Schreb.) Michx.	28. *Physcia adscendens* (Th. Fr.) H. Olivier 29. *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr. 30. *Physcia stellaris* (L.) Nyl. 31. *Physcia tenella* (Scop.) DC.
	Physconia Poelt	32. *Physconia distorta* (With.) J. R. Laundon 33. *Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt 34. *Physconia muscigena* (Ach.) Poelt
	Rinodina (Ach.) Gray	35. *Rinodina exigua* (Ach.) Grey
Ramalinaceae C. Agardh	*Ramalina* Ach.	36. *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.
Stereocaulaceae Chevall.	*Lepraria* Ach.	37. *Lepraria lobificans* Nyl.
***PELTIGERALES* W. Watson** *Placynthiaceae* Å. E. Dahl.	*Placynthium* (Ach.) Gray	38. *Placynthium nigrum* (Huds.) Gray
***TELOSCHISTALES* D. Hawksw. et O.E. Erikss.** *Teloschistaceae* Zahlbr.	*Caloplaca* Th. Fr.	39. *Caloplaca cerinella* (Nyl.) Flagey 40. *Caloplaca chlorina* (Flot.) H. Olivier 41. *Caloplaca pyraceae* (Ach.) Th. Fr.
	Oxneria S. Kondr. et Kärnefelt	42. *Oxneria fallax* (Arnold) S. Kondr. et Kärnefelt
	Xanthoria (Fr.) Th. Fr.	43. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. 44. *Xanthoria sorediata* (Vain.) Poelt 45. *Xanthoria ulophyllodes* Räsänen
Порядки и семейства с неясным систематическим положением		
Thelenellaceae H. Mayrhofer	*Julella* Fabre	46. *Julella fallociosa* (Stizenb. ex Arnold) R. C. Harris
***MYCOCALICIALES* Tibell et Wedin** *Mycocaliciaceae* A. F. W. Schmidt	*Micocalicium* Vain. ex Reinke	47. *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala
***VERRUCARIALES* Mattick ex D. Hawksw. et O. E. Erikss.** *Verrucariaceae* Zenker	*Dermatocarpon* Eschw.	48. *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann
	Endocarpon Hedw.	49. *Endocarpon pusillum* Hedw.
	Verrucaria Schrad.	50. *Verrucaria nigrescens* Pers.
Не выяснено	*Bilimbia* De Not.	51. *Bilimbia sabuletorum (Schreb.) Hafellner*

Заслуживают внимания виды, занесённые в Красную книгу Самарской области: *Dermatocarpon miniatum*, а также рекомендованные к занесению Шустовым М. В. *Physconia muscigena*, *Leptogium tenuissimum* (Шустов, 2006).

Особо следует отметить виды, новые для территории Самарской области: *Collema polycarpon*. Данный вид обитает в сосняке на западном склоне Могутовой горы на камне, встречается единичными особями. Ближайшее местонахождение данного вида находится в заповеднике «Галичья гора» Липецкой области (Урбанавичюс, Урбанавичене, 2004).

Кроме того, Могутова гора является убежищем для двух реликтовых видов лишайников: *Melanelixia glabra* и *Physconia muscigena* (Шустов, 2007).

Ведущими по числу видов являются следующие семейства: *Physciaceae, Teloschistaceae, Lecanoraceae* и *Parmeliaceae*, которые составляют 56,9 % от общего числа видов. Наличие среди ведущих семейства *Physciaceae* подчёркивает нахождение исследуемой территории в зоне широколиственных лесов (Корчиков, 2011), а семейства *Teloschistaceae* – аридных её характер (Голубкова, 1983). В лихенофлоре исследуемой территории наиболее крупными родами лишайников являются: *Lecanora* (5 видов), *Physcia* (4 вида), *Physconia*, *Caloplaca* и *Xanthoria* (по 3 вида).

В непосредственной близости от охраняемой территории находится действующий карьер по добыче известняка. Поскольку потребности современного строительства требуют больших объёмов материала, карьер неуклонно наступает на охраняемую территорию. Это приводит не только к уничтожению каменистых выступов, особо ценных с лихенологической точки зрения, но и к полному сведению лесов, что уничтожает не только редкие виды лишайников, но и эндемичные растения, животные и вообще уникальную природу Могутовой горы. Следовательно, нужно ограничить Жигулёвскому карьероуправлению расширение территории карьера. Кроме того, углубление также влечёт за собой серьёзные геологические последствия: формирование карстовых процессов, водной и ветровой эрозии. Также нужно оставить пограничную зону между карьером и особо охраняемой природной территорией.

В целом Могутова гора является интересным в лихенологическом отношении объектом. В дальнейшем планируется изучение степных участков и её северного склона.

Литература

Голубкова Н. С. Анализ флоры лишайников Монголии. Л.: Наука, 1983. 248 с.

Корчиков Е. С. Лишайники Самарской Луки и Красносамарского лесного массива. Самара: Самарский университет, 2011. 320 с.

Кудинов К. А. Жигулёвский заповедник. Тольятти: Принт-С, 2007. 126 с.

Могутова гора и её окрестности. Подорожник / Под ред. С. В. Саксонова и С. А. Сенатора. Тольятти: Кассандра, 2013. 134 с.

Урбанавичюс Г. П., Урбанавичене И. Н. Лишайники // Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России. М.: МСОП, 2004. Вып. 3. С. 5–235.

Шустов М. В. Лишайники, рекомендованные в Красную книгу Самарской области // Самарская Лука: бюлл. 2006. № 17. С. 69–77.

Шустов М. В. Реликты лихенофлоры Приволжской возвышенности // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2007. № 4. С. 3–25.

ЭКОЛОГИЯ ГОРЦА ЗМЕИНОГО

Н. П. Савиных, М. И. Ковалькова, А. В. Мазеева, К. Р. Шамсувалиева
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru

Горец змеиный (Змеевик большой, змеевик лекарственный, раковые шейки, змеиный корень (*Polygonum bistorta* L., *Bistorta major* Gray, *B. officinalis* Delarbre*)* – многолетнее растение с толстым змеевидно изогнутым черным снаружи гипо-эпигеогенным корневищем. Адаптивным особенностям этого растения посвящена особая статья в материалах конференции. Прикорневые и нижние розеточные листья черешковые, часто крупные, продолговатые, продолговато-ланцетные или продолговато-яицевидные, с клиновидным или сердцевидным основанием, плоским или слегка волнистым краем, длиной до 30 см и шириной до 7,5 см, сверху зелёные, снизу сизые. Верхние листья на вегетативно-генеративых боковых побегах почти сидячие, мельче и уже, раструбы трубчатые, бурые с ланцетной верхушкой. Соцветие верхушечное, колосовидное, плотное, овальное или цилиндрическое, длиной до 7 см.

Это растение используется как декоративное, лекарственное медоносное, пищевое, кормовое, техническое (красильное, дубильное). Корневища применяются в традиционной и народной медицине для изготовления лекарств закрепляющего и кровеостанавливающего действия, в ликёро-водочной, дубильной и красильной промышленности. Листья и молодые побеги съедобны как в сыром, так и в варенном, сушеном и квашеном виде. Используется также в декоративных целях и как медонос. (Определитель…, 1975; Губанов, 2003 Тарасова, 2007)

P. bistorta – евразиатский бореальный вид (Губанов, 2003; Тарасова, 2007). В Кировской области встречается редко, но повсеместно, к югу реже по заливным и водораздельным лугам, лесным опушкам, полянам, низинным и переходным болотам, в долинах рек на полуторфянистой почве, в зарослях кустарников, редко вдоль дорог и железнодорожных насыпей (Тарасова, 2007). По данным Л. Г. Раменского (1956) *P. bistorta* отмечается в зонах с лесной по степную при увлажнении почв, характерном для сухо-лугового, свежелугового, сыро-лугового, болотно-лугового, болотного местообитаний; способен существовать на особо бедных, бедных, не богатых, довольно богатых, богатых и слабо-солончаковатых почвах при высокообеспеченном и сильно переменном увлажнении; встречается при умеренном выпасе и в тех местах, где влияние выпаса не сказывается на развитие растений.

Согласно экологических шкал Д. Н. Цыганова (1983) экологические потребности *P. bistorta* оцениваются следующим образом (Рис.). По *термоклиматической шкале (Tm)* значения необходимых для существования условий располагаются в диапазоне от 2 до 11 баллов, в соответствие с чем вид входит в

состав десяти экологических свит: мезоарктической, субарктической, аркто-бореальной, эубореальной, мезобореальной, суббореальной, бореонеморальной, эунеморальной, термонеморальной, субсредиземноморской. При этом условия обитания соответствует режимам от арктического до субсредиземноморского.

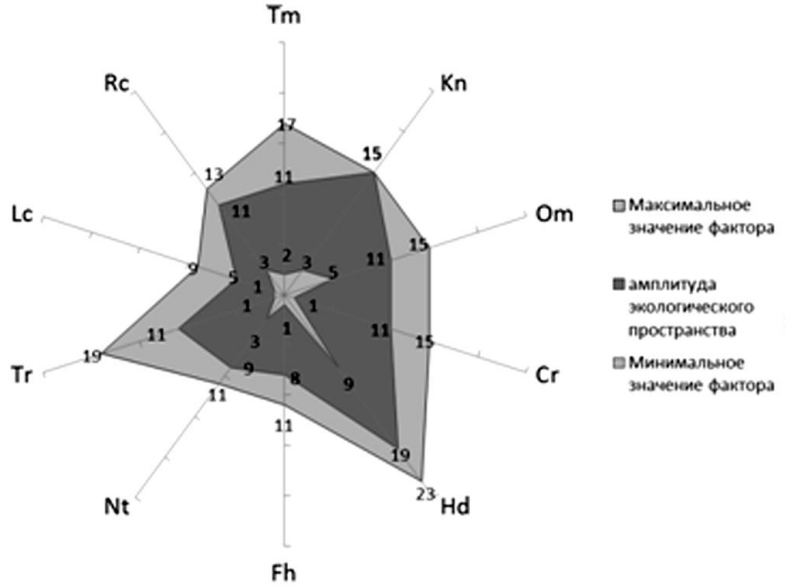


Рис. 1. Амплитуда экологического ареала *Polygonum bistorta* (по Д. Н. Цыганову, 1983): пояснения в тексте

По *шкале континентальности климата (Kn)* значения фактора занимают промежуток от 3 до 15, соответственно вид приурочен к 2-й океанической, суб-океанической, морской, приморской, субматериковой, 1-й и 2-й материковой, полуконтинентальной, субконтинентальной, мезоконтинентальной, 1-й и 2-й, континентальной, ультраконтинентальной экологическим свитам. Растение произрастает в условиях от океанического до утраконтинентального климата.

Согласно *омброклиматической шкале аридности-гумидности (Om)* виду соответствует диапазон от 5 до 11 баллов, т.е. он может принадлежать 2-й мезоаридной, 1-й и 2-й субаридной, семиаридной, 1-й и 2-й субгумидной и мезогумидной экологическим свитам. *P. bistorta* встречается в условиях от мезоаридного до гумидного климата.

По *криоклиматической шкале (Cr)* пределы толерантности *P. bistorta* ограничиваются баллами от 1 до 11, что обеспечивает приуроченность к 1-й, 2-й гиперкриотермной, 1-й, 2-й перкриотермной, криотермной, 1-й и 2-й субкриотермной, 1-й, 2-й гемикриотермной и акриотермной экологическим свитам, что определяет существование в диапазоне условий от очень суровых до тёплых зим.

Согласно *шкале увлажнения почв (Hd)* значения фактора находится в диапазоне от 9 до 19 баллов, что соответствует одиннадцати свитам: влажно-степной, сублесолуговой, сухолесолуговой, свежелесолуговой, влажно-лесолуговой, сыровато-лесолуговой, сыро-лесолуговой, мокро-лесолуговой, болотно-лесолуговой, субболотной и болотной и определяет существование в местообитаниях от лугово-степных до болотных.

По *шкале солевого режима почв (Tr)* диапазон условий находится в интервале от 1 до 11 баллов, согласно чему *P. bistorta* относится к гликоолиготрофной, гликосуболиготрофной, гликосемиолиготрофной, гликосубмезотрофной, гликомезотрофной, гликопермезотрофной, гликосемиэвтрофной, гликосубэвтрофной, гликоэвтрофной, пертрофной экологическим свитам, и особи могут произрастать на почвах от особо бедных до слабозасоленных.

По *шкале богатства почвы азотом (Nt)* значения фактора среды находятся в диапазоне от 3 до 9 баллов, растение способно произрастать на почвах от очень бедных азотом до богатых им, поэтому горец змеиный может быть отнесен к 2-й субанитрофильной, 1-й, 2-й геминитрофильной, 1-й, 2-й субнитрофильной и 1-й, 2-й нитрофильной свитам.

В *шкале кислотности (Rc)* виду соответствует диапазон от 3 до 11 баллов, т.е. может принадлежать 1-й и 2-й перацидофильной, 1-й и 2-й мезоацидофильной, 1-й и 2-й субацидофильной, нейтрофильной, 1-й, 2-й субалкалифильной, а растения произрастают на почвах от сильно кислых до слабощелочных.

P. bistorta встречается на открытых, полуоткрытых пространствах и в светлых лесах. Поэтому по *шкале освещенности-затенения (Lc)* значения этого фактора среды расположены в диапазоне от 1 до 5 баллов, что соответствует внелесной (световой), поляной (субсветовой), кустарниковой, разреженнолесной и светло-лесной экологическим свитам.

Согласно *шкале переменности увлажнения (Fh)* вид занимает диапазон от 1 до 8 и соответственно относится к 1-й и 2-й, константофильной, 1-й, 2-й субконстантофильной, 1-й и 2-й гемиконтрастофильной, 1-й, 2-й субконтрастофильной свитам и способен произрастать как при устойчивом увлажнении, так и при умеренно переменном или даже сильно переменном.

Таким образом, *P. bistorta* гемистеновалентен по отношению к омброклиматическому фактору (Om=0,4), увлажнению почв (Hd=0,4), освещенности-затенению (Lc=0,4); мезовалентен по отношению к термоклиматическому фактору (Tm=0,5), солевому режиму почв (Tr=0,5), богатству почв азотом (Nt=0,5). Вид гемивалентен по 2 факторам: кислотности почв (Rc=0,6) и переменности увлажнения (Fh=0,6). Только по континентальности климата данный вид является эвривалентный (Kn=0,8).

Формула, иллюстрирующая отношение *P. bistorta* к набору факторов выглядит следующим образом: $Гс_{Om,\ Hd,\ Lc}М_{Tm,Tr,\ Nt}Г_{\ Rc,\ Fh}Э_{Kn}$

Климатический индекс толерантности равен 0,5. Почвенный индекс толерантности – 0,5. Соответственно общий индекс толерантности также равен 0,5,что характеризует вид как мезовалентный в совокупности ко всем факторам, т.е. особи адаптированы к произрастанию в довольно разнообразных по значениям условиях среды.

Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ (проект № 13-04-01057).

Литература

Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3-х томах. Москва: Т-во научных изданий КМК, 2003. Т. 2. 520 с.

Определитель растений Кировской области: в 2 т. / Ф. А. Александров, Л. И. Красовский, Н. Г. Новикова, Н. Н. Розанова, А. Д. Фокин. Т. 1. Киров: Кировский гос. пед. институт им. В. И. Ленина, 1975. 255 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.,1956. 472 с.

Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука , 1983.197 с.

ОСОБЕННОСТИ ПОБЕГООБРАЗОВАНИЯ ГОРЦА ЗМЕИНОГО КАК АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ПЕРЕМЕННОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Н. П. Савиных, М. И. Ковалькова, А. В. Мазеева, К. Р. Шамсувалиева
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru

Горец змеиный – змеевик большой, змеевик лекарственный, раковые шейки, змеиный корень (*Polygonum bistorta* L., *Bistorta major* Gray, *B. officinalis* Delarbre) – евразиатский бореальный вид из сем. Гречиховые (Polygonaceae). Это поликарпическое неявнополицентрическое многолетнее короткокорневищное летнезеленое травянистое растение с нормальной отчасти специализированной частичной морфологической дезинтеграцией. По классификации Х. Раункиера гемикриптофит (рис. 1, А).

Горец змеиный произрастает по заливным и водораздельным лугам, лесным опушкам, полянам, низинным и переходным болотам, в долинах рек на полуторфянистой почве, в зарослях кустарников. Условия жизни и экология растений своеобразны, о чем указывается в нашей статье данного издания.

Побеговая система P. bistorta формируется по моноподиальной розеточной модели побегообразования (терм.: Серебрякова, 1977). Побег n-го порядка многолетний (состоит из нескольких годовых приростов), в надземной части вегетативный (никогда не цветет), розеточный, с несколькими длинными метамерами, формирующимися на ранних этапах развития и находящимися в его основании в почве. По-видимому, такие побеги развиваются из спящих почек после окончания моноподиального нарастания исходного. Вегетативно-генеративные побеги специализированные – удлиненные моноциклические, с терминальным соцветием, развиваются из зимующих почек регулярного возобновления (рис. 1, З). Алгоритм развития побега n-го порядка, подобно побегам других моноподиально нарастающих трав (Савиных, 2006 и др.), представлен чередованием следующих фаз развития: почки – промежуточная (геофильного побега) – вегетативного ассимилирующего побега – вегетативно-генеративного побега – постгенеративного ассимилирующего побега. Фаза почки продолжается в течение нескольких лет. Спящие почки, обеспечивающие обновление побе-

говой системы, располагаются на базальных удлиненном и укороченном вегетативных участках. Из них в промежуточную фазу геофильного побега формируются тонкие геофильные участки с клубневидными образованиями на верхушках и промежуточной вегетативной почкой (рис. 1, В, Г, Е). Основная функция этой части – вынос почки на поверхность субстрата, что обеспечивается отрицательным геотропизмом побегов в целом. Удлиненный геофильный участок моноподиальной оси остается живым в течение нескольких лет и является гипогеогенной по происхождению частью в ее составе.

После выхода на поверхность субстрата побег переходит в фазу вегетативного ассимилирующего побега, которая продолжается в течение одного-двух лет. В это время формируется толстое эпигеогенное корневище с кортикальным и медуллярным утолщением стебля (рис. 1, *Б*). Иногда здесь также имеются почки, из которых возможно возобновление растения. Но главные функции этой части побега – ассимилирующая, запас питательных веществ, закрепление особи на территории. Промежуточная почка данного участка к осени состоит из нескольких листовых зачатков.

При переходе в фазу вегетативно-генеративного побега в пазухах листьев срединной формации текущего года осенью сформированы от одной до трёх боковых почек. В них полностью сформированы вегетативно-генеративные удлиненные побеги с терминальными соцветиями (рис. 1, *Ж, З*)). Эта почка закрытая, имеет одну-две почечные чешуи, колпачком прикрывающие живые части, от одного до трех зачаточных листьев и терминальное соцветие. Эти почки входят в состав комплекса промежуточной почки. Возможно, для дополнительной защиты в это время года последняя обращена конусом нарастания вниз. Поэтому на верхушке моноподиальной оси в это время формируется особый почечный комплекс, образованный почкой, непосредственно обеспечивающей моноподиальное нарастание, и почек, из которых развиваются будущие вегетативно-генеративные побеги. Последние по строению и развитию являются типичными закрытыми почками возобновления. Весной следующего года исходный побег переходит в фазу вегетативно-генеративного. Далее в течение нескольких лет формируется ряд вегетативно-генеративных годичных побегов в составе моноподиальной оси растения. После этого за счёт моноподиального нарастания развивается от одного до несколько вегетативных годовых приростов в фазе постгенеративного ассимилирующего побега (иногда апекс отмирает, и эта фаза в развитии побега выпадает). Оставшийся многолетний резид, подобный скелетной оси кустарников существует еще в течение нескольких лет в составе многолетнего тела растения.

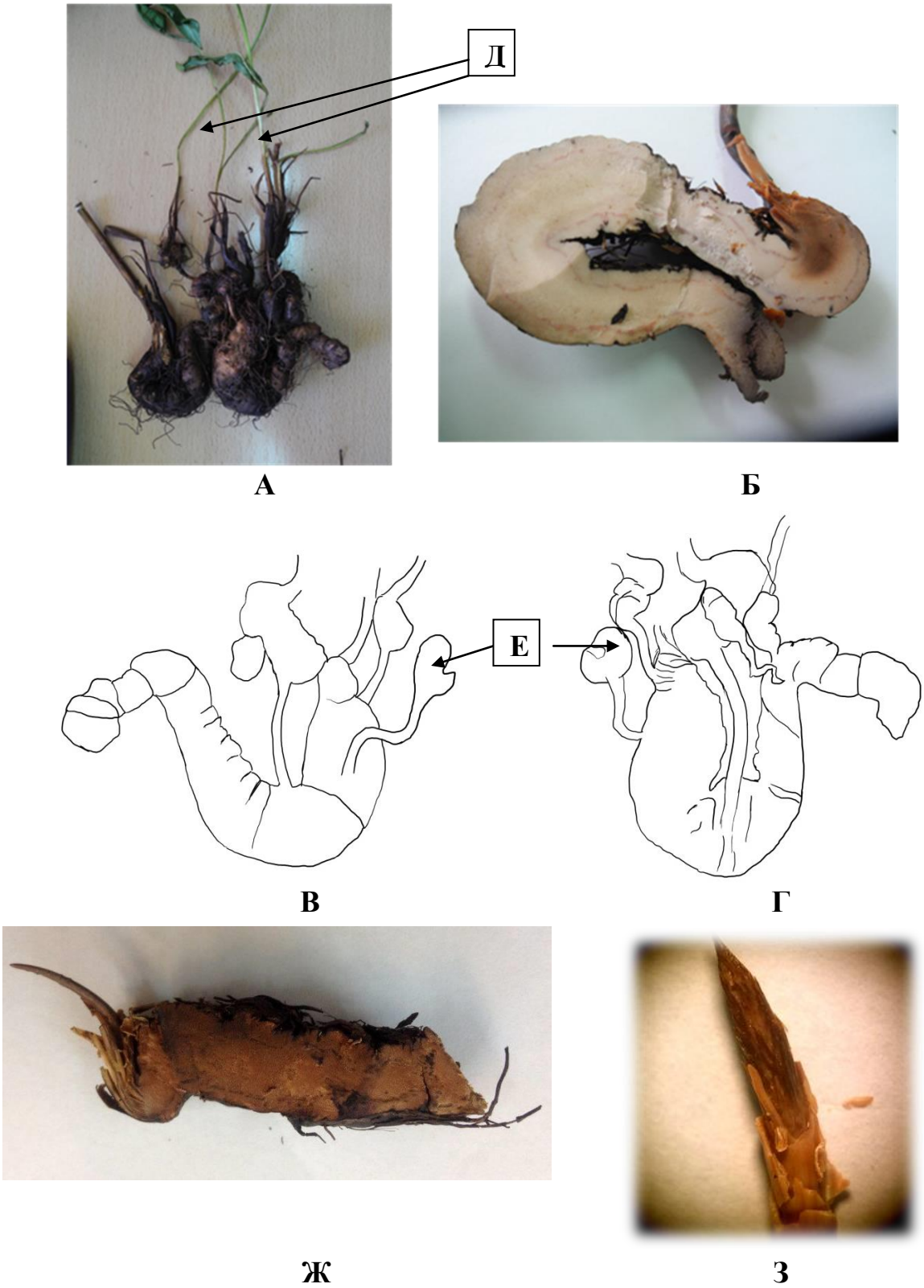


Рис. 1. Подземные органы *P. bistorta* (фото А и Б и рисунки А. Мазеиной, фото Ж и З – К. Шамсувалиевой): А – внешний вид растения; Б – продольный срез моноподиальной оси (лето); В и Г – схематичный рисунок одной из осей в разных проекциях; Д – вегетативно-генеративные моноциклические боковые побеги; Е – моноподиальные побеги в фазе геофильного побега; Ж – корневище на продольном срезе (осень); З – вегетативно-генеративная почка

Поэтому в строении одноосного многолетнего побега *P. bistorta* выделяются следующие структурно-функциональные зоны: нижняя торможения (НЗТ), средняя торможения (СЗТ), вегетативно-генеративного побега (ВГ), вторичного вегетативного нарастания (рис. 2). Ветвление у этого растения рассеянное, поэтому типичной зоны возобновления, как у трав с ортотропными побегами, в этих побеговых системах нет. Такая скелетная ось является универсальным модулем[1] побеговой системы *P. bistorta*, закономерно и регулярно повторяющимся в течение жизни растения. Как и у многих других трав этого типа, универсальный модуль совпадает с основным, поэтому данная скелетная ось является элементарной единицей биоморфы в целом.

Разные структурно-функциональные участки моноподиальной оси растения образованы разными элементарными модулями (рис. 2). *Нижняя зона торможения* – двумя вариантами элементарных модулей (ЭМ): длинное тонкое анизотропное междоузлие, узел и почка; короткое утолщенное междоузлие, узел, лист низовой формации и, возможно, почка. На большей части побега в этой части видимых почек нет. Участок *средней зоны торможения* формируется в фазу вегетативного ассимилирующего побега и представлен однотипными ЭМ: короткое утолщенное междоузлие, узел, лист и почка (на приростах прошлых лет у участка эпигеогенного корневища листья отсутствуют). В *зоне вегетативно-генеративного побега* чередуются следующие ЭМ: короткое утолщенное междоузлие, узел, отмерший лист и вегетативно-генеративный побег; короткое утолщенное междоузлие, узел, лист срединной формации и почка; короткое утолщенное междоузлие, узел (рис.1, Ж). В основном почки этой зоны не реализуются в побеги. Их редукция представляет собой результат своеобразной внутривидовой (внутри особи) конкуренции. Подобное широко распространено у растений, произрастающих в условиях бульшего увлажнения – виды родов *Nuphar* Smith., *Nymphaea* L., *Butomus umbellatus* L. *Зона вторичного вегетативного нарастания* формируется в фазе постгенеративного ассимилирующего побега и образована однотипными ЭМ из короткого утолщенного междоузлия, узла, листа срединной формации и возможной почки.

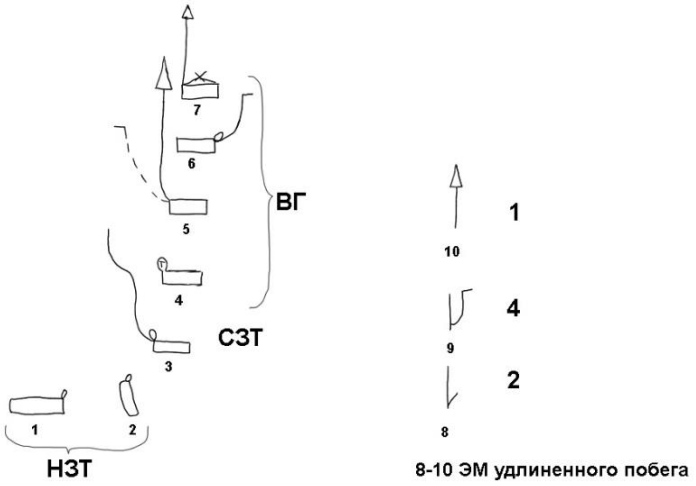


Рис. 2. Модульная организация и структурно-функциональная зональность скелетной оси *P. bistorta* (пояснения в тексте): ЭМ – элементарный модуль, 1 – терминальное соцветие

[1] Для определения и описания модульной организации горца змеиного использовали подходы Н. П. Савиных (2006 и др.).

Как приспособления к условиям среды, у *P. bistorta* сформировались многочисленные адаптации, в том числе и биоморфологические: 1) функциональная, структурная и ритмологическая дифференциация побегов n-го и n+1-го порядков; 2) редукция части пазушных почек; 3) запас питательных веществ в осевой части побега; 4) разделение части почек по функциям; 5) адаптированная структурно-функциональная зональность универсального модуля. Они обеспечивают растению длительное удержание на занятой территории, возобновление в течение укороченного вегетационного периода из-за подтопления весной в условиях переменного увлажнения.

Работа выполнена в рамках Гранта РФФИ (проект № 13-04-01057).

Литература

Савиных Н. П. Род вероника: морфология и эволюция жизненных форм. Киров, 2006. 324 с.

СеребряковаТ. И. Об основных «архитектурных моделях» травянистых многолетников и модусах их преобразования // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. 1977. Т. 82. № 5. С. 112–128.

ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ *PETASITES SPURIUS* (СЕМ. COMPOSITAE)

М. Н. Шаклеина, С. В. Шабалкина

Вятский государственный гуманитарный университет,

mariyashakleina@mail.ru, botany@vshu.kirov.ru

Прохождение полного цикла развития монокарпических побегов с образованием зрелых полноценных семян – один из показателей адаптации растений к условиям среды. Не менее важным является также наличие и особенности вегетативного размножения и воспроизведения. Описание полового и бесполого размножения позволяет проанализировать специфику индивидуального развития особей в различных местообитаниях, способы поддержания ценопопуляций.

Благодаря работам Т. А. Работнова (1950) и А. А. Уранова (1975) в настоящее время наибольшей популярностью пользуется периодизация полного онтогенеза цветковых растений с выделением латентного, прегенеративного (виргинильного), генеративного и постгенеративного (сенильного) периодов. При описании первого периода оценивают строение, расположение плодов и семян, всхожесть и период покоя последних.

Плод у представителей семейства Compositae – семянка – сухой, односеменной, не вскрывающийся, паракарпный, развивающийся из нижней завязи, чаще всего увенчан хохолком. При однотипности их морфологической природы они достаточно разнообразны внешне (размеры, форма, скульптура поверхности, характер придатков), по анатомии перикарпия и семенной кожуры, расположению механической ткани в разных зонах перикарпия, соотношению околоплодника и семенной кожуры (Левина, 1987; Бойко, 2011). У многих видов

растений этого семейства особенности плодов и семян не описаны, тогда как их морфология является одним из критериев определения родов и видов.

Семянки *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb. цилиндрические, сужающиеся от верхушки к основанию (рис. 1 а), коричневые, с 5–6 крупными гранями и множеством мелких бороздок, находящихся между ними. В основании находится участок, который светлее семянки по окраске, а также небольшое черное кольцо. Средняя длина семянки 3 030±78,6 мкм, ширина – 522±15 мкм. Масса 100 семянок – 0,06 грамм (60 мг).

К верхушке семянки прикреплён хохолок из множества расположенных по спирали белых волосков (рис. 1 б), средняя длина которых 10 870±506 мкм. Длина семянки в 3,5–4 раза меньше длины хохолка. Околоплодник тонкий, легко отделяется от семени (рис. 1 в).

В строении семени выделяются семенная кожура, эндосперм и зародыш (рис. 1 г). Семенная кожура (или теста) и эндосперм отделяются вместе, образованы, по-видимому, одним-двумя рядами клеток, как и у большинства Compositae (Бойко, 2011). Теста представлена тонкой коричневой пленочкой.

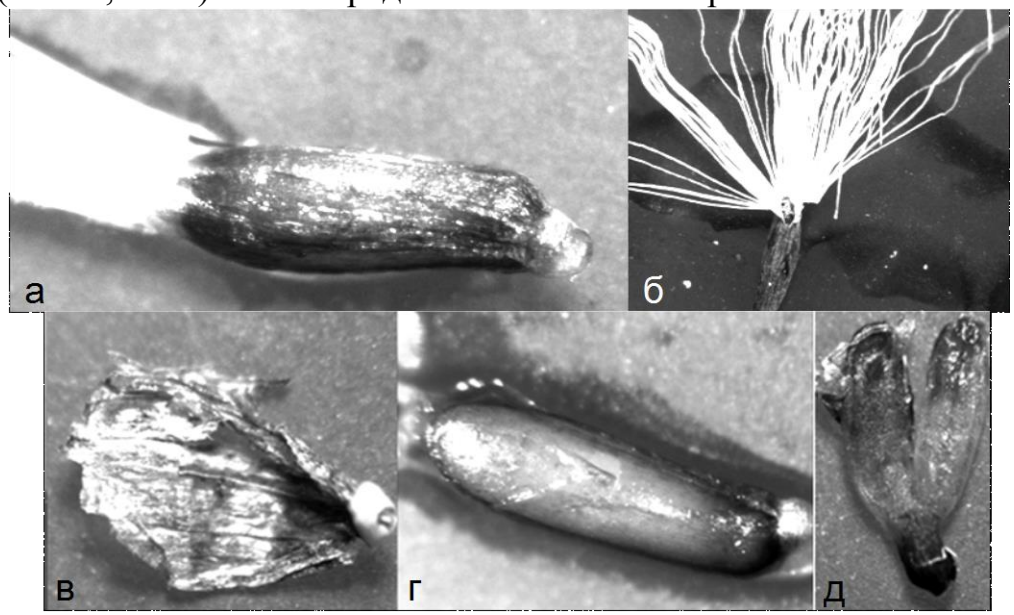


Рис. 1. Строение семянки *Petasites spurius*: а, б – внешний вид, в – околоплодник; г – семя; д – зародыш

Зародыш прямой, включает две мясистые семядоли с запасом питательных веществ, между которыми располагается конус нарастания. Ниже находятся гипокотиль и зародышевый корешок.

P. spurius обладает высокой семенной продуктивностью. Распространяются плоды по воздуху и водой. Они легкие, благодаря хохолку обладают большой парусностью, т.е. хорошо приспособлены к разносу ветром на большие расстояния. Порастают семена в этот же вегетационный сезон спустя 1–1,5 месяца после созревания. Прорастание надземное. Проростки появляются ближе к урезу воды на влажных и свободных от растений участках (рис. 2). В местах с развитым растительным покровом особи семенного происхождения отыскать сложно из-за конкуренции, при задернованности территории многие семянки не достигают почвы. Тем не менее, благодаря семенному размно-

жению обеспечивается захват новых площадей, особенно песков и нарушенных субстратов в поймах рек.

Рис. 2. Молодые особи семенного происхождения *Petasites spurius*

Семена теряют всхожесть очень быстро. Их проращивание в лаборатории после 10-ти месячного хранения при комнатной температуре не дало результатов. Такая же закономерность отмечена у *Tussilago farfara* L. (Губанов, 1974) и *Petasites hybridus* (L.) Gaertn. (Жиляев, 1991).

Наряду с успешным семенным у *P. spurius* наблюдается вегетативное размножение фрагментами геофильных участков. Благодаря нему наблюдается 7–8 кратное увеличение численности ценопопуляций, активный захват соседних территорий, а главное – удержание освоенной площади благодаря высокой подземной и надземной конкурентоспособности.

В конце октября почки зоны возобновления (из 7–8 метамеров) трогаются в рост. В зимний период происходит морфологическая дезинтеграция исходного монокарпического побега с образованием соответствующего числа геофильных участков будущих рамет.

Таким образом, произрастание *P. spurius* в условиях перманентной среды приводит к поливариантности способов размножения и воспроизведения. Наличие бифункционального механизма (анемо- и гидрохория) морфолого-экологически обусловленной диплохории диаспор (по: Левина, 1987) обеспечивает не только занятие обширных территорий, а также гетерогенность и продолжительное развитие ценопопуляций. Успешное семенное и вегетативное размножение свидетельствует об эксплерентной стратегии выживания *P. spurius* в местообитаниях по поймам рек.

Исследование поддержано грантом РФФИ (проект № 13-04-01057).

Литература

Бойко Э. В. Таксономия и ресурсы дальневосточных видов семейства Asteraceae: Автореф. дис. … д-ра биол. наук. Владивосток, 2011. 42 с.

Губанов И. А. Мать-и-мачеха обыкновенная // Биол. флора Московской области. Вып. 1. М.: Изд-во МГУ, 1974. С. 169–181.

Жиляев Г. Г. Онтоморфогенез и сезонное развитие *Petasites hybridus* (Asteraceae) в Карпатах // Ботан. журн. 1991. Т. 76. № 10. С. 1416–1423.

Левина Р. Е. Морфология и экология плодов. Л.: Наука, 1987. 160 с.

Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды Ботанического института АН СССР. Сер. 3. Вып. 6. Геоботаника. М.–Л., 1950. С. 77–204.

Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–35.

ЭКОЛОГИЯ И ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ ЛУКА УГЛОВАТОГО

Н. П. Савиных, О. А. Тукмачева, С. Н. Черезова
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru

Лук угловатый (*Allium angulosum* L.) распространен в Средней Европе, Белоруссии, на Украине, в Молдавии. В России встречается почти повсеместно в европейской части (кроме северных районов) и в Сибири. Известен во всех областях Средней России (Иллюстрированный…, 2002). В Кировской области встречается повсеместно, большей частью на юге (Тарасова, 2007). Растет на пойменных, реже суходольных лугах и лесных полянах, у дорог (Цвелев, 2000), по влажным и сухим лугам, склонам, преимущественно на песчаной почве. Весной поедается крупным рогатым скотом, овцами и козами. Декоративное и пищевое растение..

Экологические потребности *A. angulosum* оценены с использованием различных шкал. Согласно Л. Г. Раменскому (1956) особи встречаются на почвах от слабо до сильно аллювиальных со слабо кислой реакцией до среднесолончаковатых со слабо шелочной реакцией, в местообитаниях от сухих до влажных лугов и болотно-луговых сообществ, как с умеренно переменным, так и с резко переменным увлажнением, со слабым влиянием выпаса.

H. Ellenberg (1974) относит *A. angulosum* к спектру от светолюбивых до сильно-светолюбивых растений (8 баллов по шкале освещенности), способных существовать при освещенности до 40%; теплого (7 баллов по шкале температур) климата; распространенных от субконтинентального до континентального климата (7 баллов по шкале континентальности); предпочитающих местообитания от влажных до сырых (8 баллов по шкале влажности почв), слабощелочные (8 балов по шкале кислотности почв), бедные и крайне бедные почвы (2балла по шкале азотного богатства).

Д. Н. Цыганов (1983) приводит следующий диапазон экологических условий мест произрастания *A. angulosum* (рис. 1). По термоклиматической шкале (Tm) вид находится в диапазоне от 4 до 11 баллов и включается в состав семи экологических свит: арктобореальной, эубореальной, мезобореальной, суббореальной, бореонеморальной, эунеморальной, термонеморальной, субсредиземноморской. Условия обитания соответствуют режимам от бореального до субсредиземноморского.

Согласно шкале континентальности климата (Kn) он занимает промежуток от 5 до 14 баллов, что обеспечивает приуроченность к морской, приморской, субматериковой, 1-ой и 2-ой материковым, полуконтинентальной, суб-

континентальной, мезоконтинентальной, 1-ой континентальной, 2-ой континентальной экологическим свитам. Особи этого вида могут произрастать в условиях от морского до ультраконтинентального климата.

В соответствии с омброклиматической шкалой аридности-гумидности (Om) виду соответствует диапазон от 5 до 9 баллов, возможна принадлежность ко 2-ой мезоаридной, 1-ой и 2-ой субаридной, семиаридной, 1-ой субгумидной экологическим свитам. Условия – от мезоаридных до субгумидных.

По криоклиматической шкале (Cr) пределы толерантности ограничиваются баллами от 3 до 10, что определяет приуроченность к 1-й и 2-й перкриотермным, 1-й и 2-й крио-, субкрио- и гемикриотермным экологическим свитам. Произрастает в условиях от суровых до мягких зим.

Согласно шкале увлажнения почв (Hd) *A. angulosum* находится в диапазоне от 7 до 19 баллов, что соответствует свитам: среднестепная, свежестепная, влажно-степная, сублесо-луговая, сухо-лесолуговая, свежелесо-луговой, влажно-лесолуговой, сыровато-луговой, сыро-лесолуговой, мокро-лесолуговая, болотно-лесолуговая, субболотная, болотная. Растения этого вида встречаются в условиях от среднестепных до болотных.

Граница шкалы солевого режима почв (Tr) находится в интервале от 5 до 15 баллов, что обуславливает отнесение *A. angulosum* к гликомезотрофной, гликопермезотрофной, гликосемиэвтрофной и гликосубэвтрофной, гликоэвтрофной, пертрофной, галоэвтрофной, галосубэвтрофной, галосемиэвтрофной, галопермиэвтрофной, галомезотрофной экологическим свитам. Особи произрастают на небогатых и сильнозасоленных почвах.

По шкале богатства почв азотом (Nt) растение встречается в диапозоне значений от 1 до 7 баллов, что определяет произрастание его на почвах от безазотных до достаточно обеспеченных азотом и позволяет отнести его к анитрофильной, 1-й и 2-й субанитрофильной, 1-й и 2-й геминитрофильной , 1-й и 2-й субнитрофильной экологическим свитам.

Границы шкалы кислотности почв (Rc) находятся в интервале от 5 до 13 баллов, что обуславливает принадлежность *A. angulosum* к 1-й и 2-й мезоацидофильной, 1-й и 2-й субацидофильной, нейтрофильной, 1-й и 2-й субалкалифильной, мезоалкалифильной и алкалифильной экологическим свитам. Особи произрастают на почвах от кислых до щелочных включительно.

По шкале освещенности-затенения (Lc) растения существуют в условиях с диапазоном от 1 до 4 баллов, что соответствует внелесной (световой), поляной (субсветовой), кустарниковой и разряженнолесной свитам. Особи произрастают на местах от открытых пространств до светлых лесов.

Границы значений шкалы переменности увлажнения почв (Fh) находится в интервале от 5 до 11 баллов, что обуславливает *A. angulosum* к 1-й и 2-й контрастофильной, 1-й и 2-й субконтрастофильной, 1-й, 2-й и 3-й контрастофильной экологическим свитам. Особи произрастают на почвах от слабо до резко переменного увлажнения.

Формула, иллюстрирующая отношение *A. angulosum* к набору факторов выглядит следующим образом: $С_{Ом}$ ГСВ $_{Lc}$ МВ $_{Tm, Cr, Hd}$ ГВ $_{Tr, Fh, Kn}$ ЭВ $_{RC}$, где С –

стеновалентность, ГСВ – гемистеновалентноть, МВ – мезовалентнсть, ГВ – гемивлентность, ЭВ – эвривалентность.

Климатический индекс толерантности равен 0,49. Почвенный индекс толерантности – 0,61. Соответственно общий индекс толерантности составляет 0,55, что характеризует вид как мезовалентный в совокупности ко всем факторам, адаптированный к произрастанию в довольно разнообразных по значениям условиях среды.

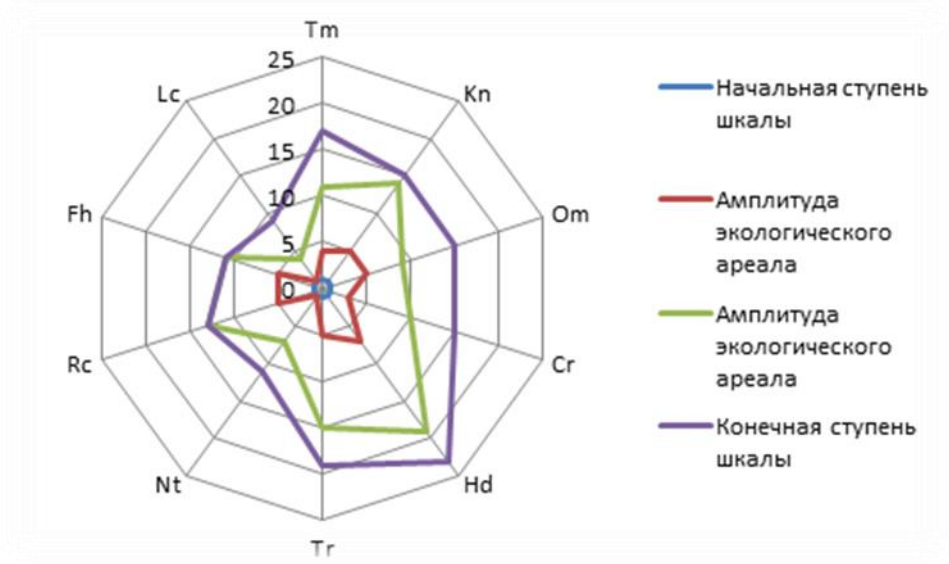


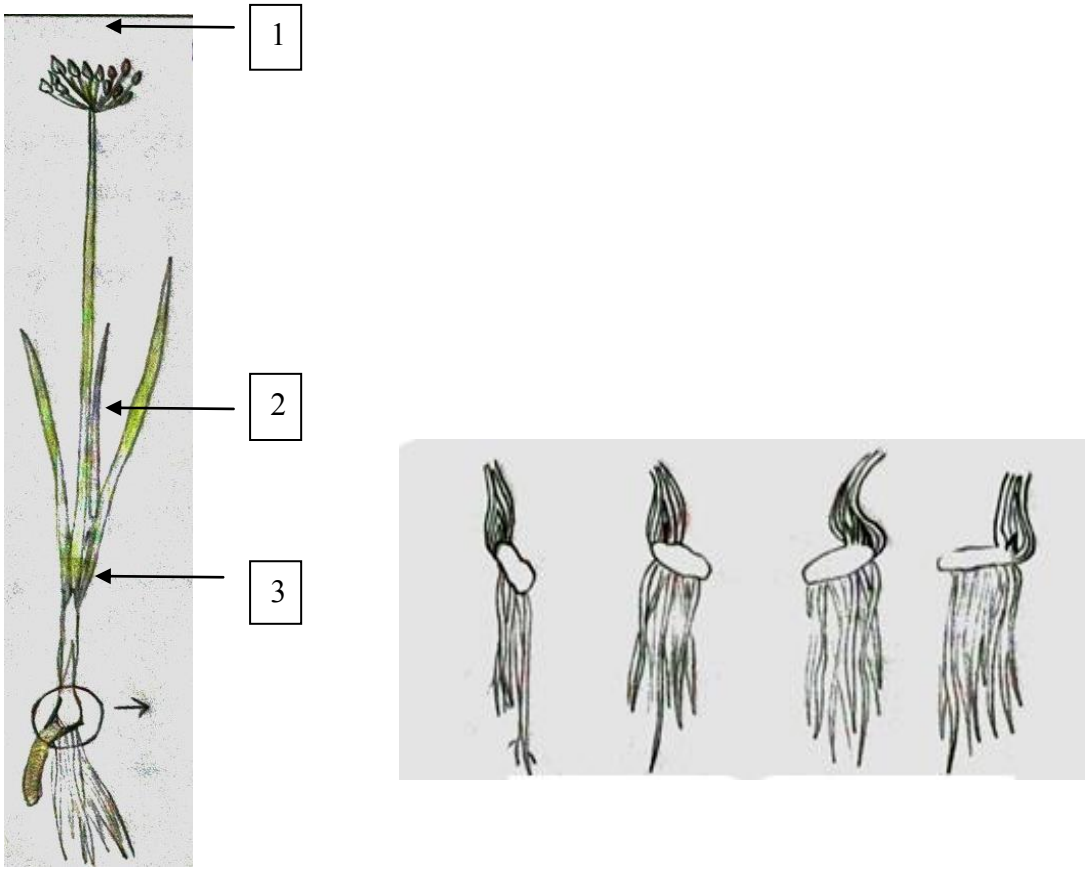
Рис. 1. Амплитуда экологического ареала *A. Angulosum* (между двумя средними линиями)

A. angulosum –летне-зеленый поликарпик, геофит, относится к растениям с третьим типом морфогенеза, биоморфе одноосные непартикулирующие моноцентричные корневищно-луковичные горизонтально нарастающие луки (Черемушкина, 2004). Побеговые системы у этого растения формируются в луговых ценозах путем акросимподиального нарастания обычно по типу монохазия, когда на смену одному монокарпическому побегу развивается также один. Взрослые особи моноцентрические, представлены одним, реже – двумя монокарпическими цветущими побегами и развивающимися из почек возобновления вегетативными розеточными побегами – монокарпический побег в фазе вегетативного ассимилирующего побега. Побеги – розеточные дициклические монокарпические с соцветием стрелка. В их развитии чередуются фазы: почки – вегетативного ассимилирующего побега – бутонизации, цветения и плодоношения – вторичной деятельности. Модель побегообразования – симподиальная розеточная (терм. Савиных, 2006).

Зона вторичной деятельности на лугах не длительна, поэтому *A. angulosum* существует здесь в виде замещающего короткокорневищно-кистекорневого малолетника. Питательные вещества запасаются в осевой части корневища. Сходство с луковицей внешнее. Основания верхних листьев исходного побега охватывают базальный участок собственного и расположенного в пазухе его последнего листа розеточного побега (монокарпический побег сле-

дующего порядка в фазе вегетативного ассимилирующего) с крупной почкой из большого число листовых зачатков на верхушке (рис. 2).

Монокарпический побег *A. angulosum* дифференцирован на структурно-функциональные зоны: нижняя торможениия, возобновления и главное соцветие. Нижняя зона торможения формируется в фазу вегетативного ассимилирующего побега в первый год развития и состоит из однотипных элементарных модулей (ЭМ) – короткого утолщенного междоузлия, узла и листа срединной формации, отмирающего к концу вегетационного сезона. Зона возобновления формируется в это же время и образована таким же одним, редко двумя ЭМ, но только с почкой в пазухе листа.



А **Б**

Рис. 2. Строение побегов *A. angulosum:* А – монокарпический побег в фазе цветения; Б – основания розеточных побегов в фазе вегетативного ассимилирующего побега (исходный побег удален); 1 – монокарпический дициклический побег; 2 – листовые пластинки листьев бокового побега; 3 – место расположения почки

Главное соцветие располагается на верхушке единственного длинного междоузлия. У этого растения, как и у других короткокорневищных трав, например горца змеиного (смотри статью в материалах данной конференции) часто не развиваются почки в пазухах листьев срединной формации, что также определяется конкурентными (межвидовыми и внутривидовыми) взаимоотношениями. В результате не реализуется способность к ветвлению, а при симподиальном нарастании побеговых систем ежегодно развивается только один бо-

ковой побег – побег возобновления (Черемушкина, 2004). Особям этого вида, произрастающим в поймах рек, характерно сокращение онтогенеза по сравнению с типичными многолетними корневищными луками и тенденция к существованию в условиях переменного увлажнения в виде биоморфы замещающего малолетника, что свойственно и другим растениям этих и более увлажненных мест: *Calta palustris* L., некоторых видов *Rorippa* и другим.

Поэтому в качестве биоморфологических адаптаций, обеспечивающих существование *A. angulosum* в условиях переменного увлажнения считаем следующие: 1) редукция части почек и сокращение зоны возобновления; 2) акросимподиальное нарастание побеговых систем; 3) тенденция к формированию биоморфы замещающего малолетника с длительным существованием на занятой однажды территории; 4) симподиальная розеточная модель побегобразования.

Исследование выполнено в рамках работ по Гранту РФФИ (проект № 13-04-01057).

Литература

Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 1. // Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные) /И. А. Губанов, К. В. Киселёва, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2002. 526 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.,1956. 472 с.

Савиных Н. П. Род вероника: морфология и эволюция жизненных форм. Киров, 2006. 324 с.

Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб.: Изд-во СПХФА. 2000. 781 с.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука , 1983.197 с.

Черемушкина В. А. Биология луков Евразии. Новосибирск: Наука, 2004. 280 с.

Ellenberg N. Ziegerwerte der Gefaspflanzen Mitteleuropeas // Spriptageobotanica. Gottinger, 1974. Vol. 9. 197 p.

О СОСТОЯНИИ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *GYMNADENIA CONOPSEA* (L.) R. BR.

Т. Е. Рыболовлева, О. Н. Пересторонина
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru

Orchidaceae – одно из уникальных семейств покрытосеменных. Уникальность его заключается в ряде особенностей. Во-первых, это особенности онтогенеза – в жизненном цикле проростки представлены протокормом, питающимся гетеротрофно за счёт микосимбиотрофизма. Во-вторых, это морфологическая организация – наличие особой запасающей структуры – стебелькового тубероида (Татаренко, 1996). В-третьих, это их высокая декоративность.

Однако семейство Orchidaceae изучено достаточно слабо, особенно вблизи северных границ ареала. Это делает актуальным изучение орхидных на Северо-востоке Европейской России в основном для выработки рекомендаций по охране редких видов и сохранению биоразнообразия растительного покрова.

Целью нашего исследования было выяснение современного состояния ценопопуляции *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. – кокушника длиннорогого – для выработки рекомендаций данного вида к охране и сохранению биоразнообразия растительного покрова.

G. conopsea (L.) R. Br. – распространен по всей Европе, а также на значительной части Азии. В России вид встречается в северных и центральных районах европейской части, на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке (Вахрамеева и др., 2014). В Кировской области *G. conopsea* занесен в Красную книгу (2014) – редкий малочисленный вид, встречающийся на ограниченных территориях.

Вид предпочитает умеренно увлажненные участки, но может расти на сухих и сырых (даже заболоченных) местах (Вахрамеева и др., 2014). В Кировской области растет по кустарникам, лесным полянам, лугам (Определитель растений Кировской области, 1975).

Исследование пространственной структуры и численности популяции *G. conopsea* проводили в июле 2015 г. Изучаемая ценопопуляция расположена в Слободском районе, в окрестностях пос. Первомайский, в пределах злаково-разнотравного луга на карьере известкового происхождения.

Руководствуясь стандартной методикой изучения ценопопуляций редких видов (Денисова и др., 1986) были заложены две пробные площадки (ПП), в нижней части карьера и на верху склона. На ПП определяли численность особей ценопопуляции *G. conopsea*, их пространственное распространение, высоту особей, количество листьев, их длину и ширину, длину соцветия.

Местообитания ценопопуляции *G. conopsea* характеризовали на основе геоботанического описания фитоценоза (Полевая геоботаника, 1964; Шенников, 1964; Миркин, Розенберг, 1978; Ипатов, 1998).

G. conopsea – многолетник с пальчато-раздельными клубнями и полым олиственным стеблем 25–50 см высотой. Стеблевые листья линейно-ланцетные, килеватые, наверху обычно колпачковидно стянутые, до 20 (25) см длиной; самые верхние похожи на прицветники. Лилово-розовые или светло-лилово-пурпурные, реже белые цветки со слабым запахом собраны в густой многоцветковый колос до 15 см длины. Листочки околоцветника 4–5 мм длиной; наружные листочки продолговато-яйцевидные, тупые, два внутренних – широкояйцевидные, губа – ромбическая, трёхлопастная с серповидно изогнутым длинным шпорцем (Губанов и др., 2002).

G. conopsea цветёт в июне-июле; плодоносит в июле. Размножается семенами (Губанов и др., 2002).

За счетную единицу в популяционных исследованиях *G. conopsea* была принята особь. Ценопопуляция состояла из 31 особи. На ПП в основании склона было обнаружено 9 особей. Изучение морфометрических параметров *G. conopsea* показало, что высота генеративных побегов (средние показатели) составила от 45 до 67 см (52 см), длина соцветия – 15-18 см (16,8 см). В основа-

нии побегов развивалось по 6 листьев 0,5–1,4 см (0,9 см) шириной и 1,9–18,5 см (10,4 см) длиной и от 1 до 4 листьев по длине побега.

На ПП на верху склона было обнаружено 16 особей. Изучение морфометрических параметров *G. conopsea* показало, что высота генеративных побегов (средние показатели) составила от 30 до 46 см (37,3 см), длина соцветия – 8–14,5 см (11,3 см). В основании побегов развивалось от 4 до 7 листьев 0,5–1,5 см (0,9 см) шириной и 3–12 см (8,7 см) длиной и от 1 до 3 шт. листьев по длине побега.

В основании склона растения *G. conopsea* более крупные по морфометрическим показателям, так как произрастают в более влажных и затененных условиях (рис.).

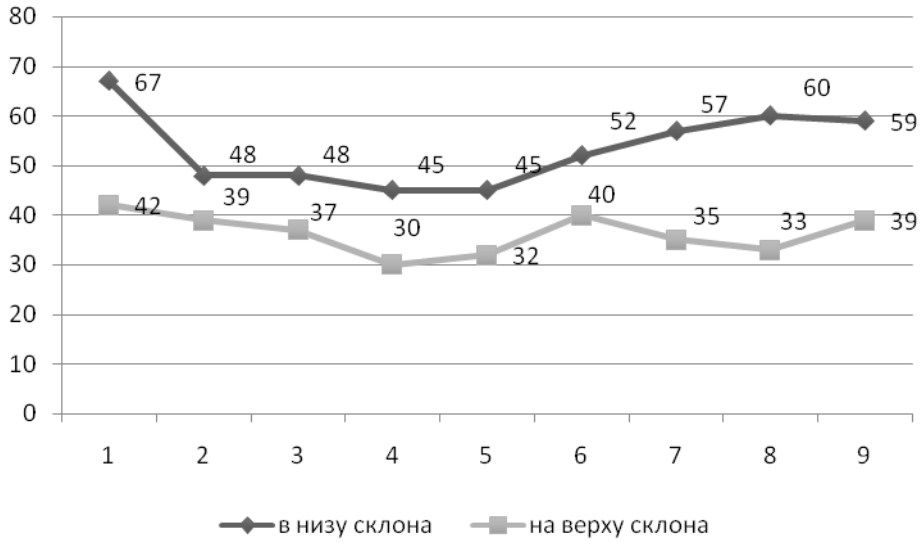


Рис. Длина растений *Gymnadenia conopsea*

На основании полученных данных был сделан вывод, что ценопопуляция *G. conopsea* в пределах данного фитоценоза отличается не особенно высокой численностью и плотностью (плотность размещения особей примерно 1–2 экземпляра на м^2), что характеризует *G. conopsea* как растение с семенным размножением.

Лимитирующими факторами вида является узкая экологическая приуроченность вида, высокая специализация опыления, изменение гидрологического режима территории, нарушение местообитаний в результате антропогенных воздействий, сбор на букеты, выкапывание в целях интродукции (Красная книга Кировской области, 2014).

Оценка ценопопуляции *G. conopsea*, проведенная с учетом численности, площади, плотности свидетельствует о стабильности ценопопуляции, но требует бережного отношения и защиты от сбора на букеты при рекреации, так как данная территория расположена в зоне достаточно высокой антропогенной нагрузки.

Литература

Вахромеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М., 2014. 437 с.

Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). М., 2002. Т. 1. 526 с.

Денисова Л. В., Никитина С. В., Заугольнова Л. Б. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений «Красной книги СССР». М.: ВАСХНИЛ, 1986. 34 с.

Ипатов В. С. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. СПб., 1998. 93 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров, 2014. 336 с.

Миркин Б. М., Розенберг Г. С. Фитоценология. Принципы и методы. М., 1978. 212 с.

Определитель растений Кировской области. // Ф. А. Александров, Л. А. Зубарева, В. П. Клиросова и др. Киров, 1975. Т. 1. 188 с.

Полевая геоботаника. Л.: АН СССР, 1964. Т. 3. 287 с.

Татаренко И. В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. М.: Аргус, 1996.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

РАЗМНОЖЕНИЕ ЖИМОЛОСТИ ГОЛУБОЙ ЗЕЛЁНЫМИ ЧЕРЕНКАМИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЁЖНОЙ ПОДЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

О. К. Тимушева, А. В. Конюхова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
otimusheva@ib.komisc.ru

Жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L.) – плодово-ягодная культура, пользующаяся большим спросом у населения. Для удовлетворения спроса существует необходимость в её вегетативном размножении. Одним из эффективных способов является размножение зелёными черенками. Зелёные черенки наиболее способны к регенерации корневой системы и сильнее отзываются на воздействия, имеющие целью стимулировать процесс корнеобразования (Батыгина, Васильева, 2002; Тарасенко, 1967).

Исследования проводили в 2013 г. в районе г. Сыктывкара в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Данная местность относится к подзоне средней тайги. Климатические условия в районе исследований весьма суровые. Сезоны года отличаются большой неравномерностью по продолжительности, наиболее длительным является зимний. Вегетационный период начинается в последней декаде апреля, когда среднесуточная температура воздуха становится выше +5 ^{o}C. Его продолжительность составляет 150 дней, сумма суточных температур за этот период – 1800 ^{o} C. Продолжительность периода активной вегетации со среднесуточными температурами +10 ^{o}C изменяется от 90 до 110 дней, сумма суточных температур в этот период – 1450 ^{o}C. Территория относится к достаточно увлажненному району, среднегодовая сумма осадков – 500–600 мм, из которых 400–450 мм выпадает в теплый период года (Атлас по климату …, 1997). Почвы на участке Ботанического сада дерно-

во-подзолистые, глееватые, среднеокультуренные, суглинистого механического состава.

Цель исследований – изучение влияния «Корневина» на укоренение и приживаемость зелёных черенков десяти сортов жимолости голубой в условиях подзоны средней тайги Республики Коми. Объекты исследований – десять сортов жимолости голубой (*Lonicera caerulea* L.) павловской, сибирской, нижегородской селекций посадки 1999 – 2000 гг.

Лучший срок зелёного черенкования для жимолости совпадает с появлением первых зрелых плодов на маточном растении (Маточные..., 1989). В условиях подзоны средней тайги Республики Коми эта фенофаза приходится на третью декаду июня – первую декаду июля. Метеорологические условия в 2013 г. отличались от средних многолетних данных. Переход среднесуточной температуры воздуха через 5 ^{o}C в сторону повышения произошёл в обычные сроки – 3–5 мая. Среднемесячная температура воздуха в июне составила 17,4 ^{o}C, что на 3,6 ^{o}C выше нормы, сумма осадков была немного ниже нормы. В июле на фоне теплой погоды наблюдались похолодания, когда минимальная температура воздуха понижалась до 5 ^{o}C. Осадков за месяц выпало ниже нормы (44%). Среднемесячная температура воздуха составила 19,4 ^{o}C (выше нормы на 2,8 ^{o}C). В августе наблюдалась умеренно-теплая погода. Среднемесячная температура воздуха составила 16,2 ^{o}C, что немного выше нормы.

В третьей декаде июня (20.06) проведено вегетативное размножение сортов жимолости методом зелёного черенкования. Черенки брали в трёх повторностях (по 20 штук каждого сорта). Стимулятором корнеобразования служил «Корневин», в качестве контроля использовали дистиллированную воду. Действующее вещество препарата «Корневин» – 4-(индол-3-ил) масляная кислота (ИМК). «Корневин» использовали в сухом виде: смоченные в воде черенки перед посадкой погружали нижней частью в препарат, который представляет собой порошок. В качестве субстрата для черенков использовали смесь речного песка с торфом 1:1. Субстрат слоем 3,5–4 см насыпали поверх торфоперегнойной земли в холодном парнике размером 6х2 метра. Схема посадки – 10х5 см. Черенки высаживали на глубину 2 см наклонно под углом до 45 ^{o}C во влажную почву. Сверху укрывали материалом «Агротекс», обильно поливали водой.

Через три недели после посадки черенков (11 июля) определяли процент их укореняемости, а через семь недель (8 августа) – приживаемости укоренённых черенков (табл.).

Таблица

Процент укореняемости и приживаемости черенков сортов жимолости голубой

Сорт	Контроль (H_2O)		Опыт («Корневин»)	
	11.07	8.08	11.07	8.08
Амфора	48,3	29,6	60,7	35,7
Бакчарская	46,2	30,8	73,1	42,3
Волхова	32,1	17,9	53,6	25,0
Голубое Веретено	44,4	25,9	59,3	40,7
Десертная	40,7	18,5	51,9	29,6
Ленинградский Великан	28,6	10,7	46,4	28,6

Сорт	Контроль (H_2O)		Опыт («Корневин»)	
	11.07	8.08	11.07	8.08
Нижегородская Ранняя	44,8	18,5	50,0	21,4
Нимфа	32,1	14,3	57,1	28,6
Фиалка	48,1	22,2	65,5	27,6
№ 68	53,8	26,9	66,7	37,0

Укореняемость черенков в «Корневине» была выше, чем в контроле в 1,1–1,8 раза, приживаемость черенков – в 1,2–2,7 раза. Максимальная укореняемость черенков в корневине составила 73,1% у сорта Бакчарская.

В первой декаде августа определяли динамику корнеобразования у зелёных черенков сортов жимолости голубой (рис. 1). Для этого выкапывали по три укоренившихся черенка каждого сорта. Образование придаточных корней на черенках происходило как от каллюса, так и вдоль побега, на значительной части междоузлия, где они были расположены продольными рядами.

В контроле максимальное число корней нулевого порядка наблюдалось у сорта № 68 (24 шт.), суммарная длина их была 170,8 см; число корней первого порядка наблюдалось у сорта Амфора (172 шт.). Минимальные показатели корнеобразования – у сорта Десертная (8 шт.). Длина корней нулевого порядка варьировала в зависимости от сорта от 0,3 до 13,7 см.

А Б

Рис. 1. Сорт Бакчарская: А – контроль, Б – «Корневин»

Максимальное существенное различие для 5%-го уровня значимости числа корней нулевого порядка в контроле и «Корневине» установлено у сорта Фиалка (19 шт.), минимальное – у сорта № 68 (1 шт.) (рис. 2).

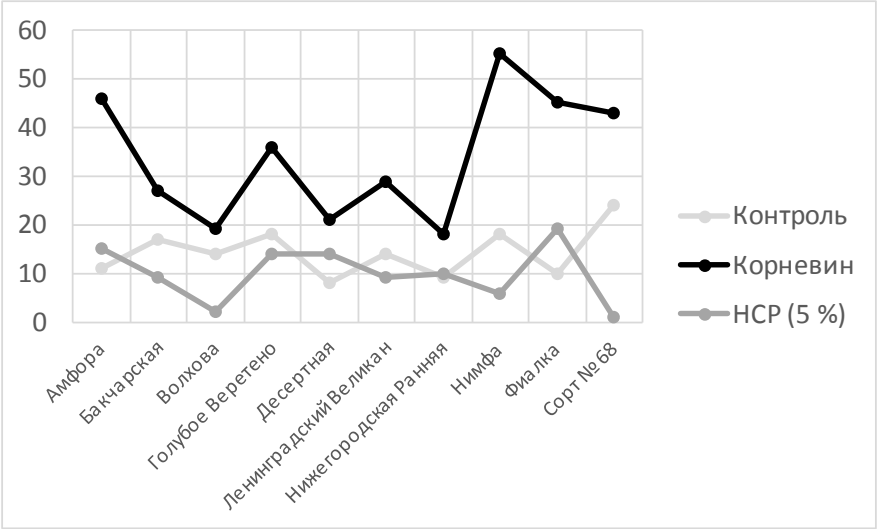


Рис. 2. Число корней нулевого порядка черенков сортов жимолости голубой в контроле и «Корневине»

Максимальные значения числа корней нулевого порядка (55 шт.) и их суммарной длины (446 см) в корневине установлены у сорта Нимфа. Минимальные значения этих показателей отмечены у сорта Нижегородская Ранняя (18 шт., 95,2 см). Длина корней нулевого порядка варьировала у сортов от 0,3 до 18 см. Максимальное существенное различие ($НСР_{05}$) числа корней первого порядка в контроле и «Корневине» установлено у сорта Фиалка (119 шт.), минимальное – у сорта Бакчарская (28 шт.).

Установлено, что у черенков, взятых из верхней части побега, образовалось больше корней нулевого порядка; корней первого порядка и длина их была больше, чем у черенков из средней части побега как в контроле, так и «Корневине». В контроле максимальная длина корней нулевого порядка у черенков, взятых из верхней части побега, отмечена у сорта Ленинградский Великан (13,7 см). В «Корневине» максимальная длина корней нулевого порядка у черенков из верхней части побега установлена для сорта Голубое Веретено (18 см). Длина черенков из верхней части побегов у всех сортов была больше, чем из средней в 1,2–1,4 раза и в контроле и корневине.

В августе прирост черенков составил 0,3–0,5 см как в контроле, так и в «Корневине». Отмечено появление новых побегов длиной 0,9–5 см. В контроле больше всего новых листьев установлено у сорта Нижегородская Ранняя – 6 штук на побеге длиной 2,5 см. При обработке «Корневином» больше всего листьев на побеге отмечено у сорта Голубое Веретено (до 8 штук).

Таким образом, выявлен положительный эффект действия стимулятора корнеобразования «Корневин» на укореняемость и приживаемость зелёных черенков жимолости голубой. Укореняемость по сравнению с контролем выросла на 5,2–26,9%. Приживаемость черенков после обработки «Корневином» увеличилась на 2,9–17,9%. У черенков в «Корневине» образовалось больше корней нулевого порядка, чем в контроле в 1,4–4,5 раза, а также корней первого порядка.

Литература

Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. М.: Дрофа; ДИК, 1997. 116 с.

Батыгина Т. Б., Васильева В. Е. Размножение растений. СПб.: Изд.-во С.-Петерб. университета, 2002. 232 с.

Маточные насаждения и технология размножения синей жимолости (Методические указания) / М. Н. Плеханова Под ред. В. Л. Витковского. ВНИИР им. Н. И. Вавилова, 1989. 36 с.

Тарасенко М. Т. Размножение растений зелёными черенками. М.: Колос, 1967. 352 с.

ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ООПТ УДМУРТИИ

А. Н. Устюжанина, Е. А. Борисова

Удмуртский государственный университет,

ustyuzhanina.alya@mail.ru, e_borisova75@mail.ru

Сегодня рекреация относится к такому избирательному виду деятельности, который становится необходимым условием нормальной человеческой жизнедеятельности. Интенсификация использования рекреационных территорий ведёт к значительному повышению уровня воздействия рекреантов на природные комплексы. В связи с этим возникает проблема оптимизации рекреационных нагрузок на природные комплексы в целях предотвращения их деградации, определения рекреационного потенциала изучаемого объекта и рекреационной емкости соответствующей территории.

Рекреационная нагрузка является интегральным показателем рекреационного использования природных объектов, определяемым видом отдыха, количеством отдыхающих и временем их пребывания на единице площади. Рекреационная емкость – это способность территории обеспечить некоторому количеству отдыхающих психофизиологический комфорт и возможность оздоровительной деятельности без деградации природной среды. Под рекреационным потенциалом понимается совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических предпосылок организации рекреационной деятельности на определенной территории (Сытник и др., 1994).

По мере рекреационного использования территорий наблюдаются следующие процессы: 1) сокращение фитоценотического разнообразия; 2) вытаптывание является настолько сильным фактором воздействия, что делает менее значимыми экологические различия в пределах территории; 3) формируется растительный покров более или менее однородный в своей реакции на действие рекреационных нагрузок. Все эти процессы продолжаются до тех пор, пока не сформируются так называемые «сообщества вытаптывания», способные существовать в новых условиях. С позиций рекреационного лесопользования указанному процессу, по мнению И. В. Эмсис, нельзя давать только лишь негативную оценку, поскольку при этом формируются относительно устойчивые к рекреационной нагрузке сообщества (Эмсис, 1990).

Различные составляющие природного комплекса по-разному реагируют на усиление рекреационных нагрузок. Древостой реагирует уменьшением при-

роста и худшим развитием ассимилирующих органов. Уплотнение верхних горизонтов почвы и связанное с этим изменение почвенной среды подавляет жизнедеятельность активных корней, при этом уменьшается их масса. Молодые древесные растения страдают и от механических повреждений, и от уплотнения почвы. Кустарники обламываются, вырубаются. Порослевая способность угасает. Е. С. Надеждина (1978) отмечала, что плотность древостоя мало зависит от рекреационной нагрузки, однако с увеличением нагрузок падает доля хвойных пород в насаждении, увеличивается процент механически поврежденных деревьев.

По-своему реагирует на усиление рекреационной нагрузки травяно-кустарничковый ярус. Прежде всего, здесь наблюдается постепенное олуговение леса. Перевес получают виды, обладающие большей толерантностью. Шкала антропотолерантности травяных растений на основе их реакции на уплотнении верхних горизонтов почвы, механических повреждений наземных побегов и их обрывание в свое время была разработана Л. П. Рысиным (1990).

Удельное значение разных эколого-ценотических и биоморфных групп растений в травяном покрове хорошо коррелирует с интенсивностью рекреационного воздействия на экосистемы. Наименее чувствительными являются луговые и рудеральные виды, т. к. имеют различные приспособления, позволяющие им избегать уничтожения человеком и животными. Также более стойкими к рекреационному воздействию являются многолетние виды, по сравнению с однолетними. Этот связано с тем, что уплотненная почва препятствует прорастанию семян однолетних растений.

Таким образом, рекреационная устойчивость растительности зависит от многих факторов, суммарное действие которых многоаспектно и слабо поддается декомпозиции. В этой связи представляет интерес построение модели, отражающей влияние указанных выше воздействий в комплексе. Создание интегрального показателя, по величине которого можно было бы судить об общей рекреационной устойчивости растительности, является при этом важной и актуальной задачей. Для построения такого показателя логично использовать методы математического моделирования.

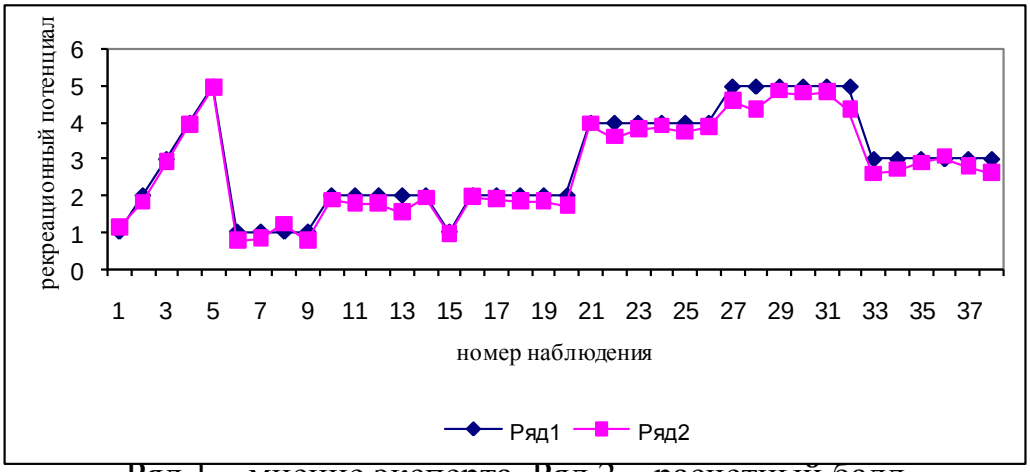
Поэтому нами была предпринята попытка создания математической модели для расчета рекреационной устойчивости растительности и проверена ее действенность. Объектом исследований служили рекреационные зоны природного парка «Шаркан» и национального парка «Нечкинский» (Удмуртия).

Известно, что устойчивость природных комплексов к рекреационным нагрузкам зависит от множества природных факторов: крутизны и экспозиции склонов, почвенного покрова, степени его эрозии, увлажнения, состава и возраста насаждений, структуры сообщества и стадии сукцессии (Надеждина, 1978). В наших исследованиях мы обращали внимание на положение пробных площадок с учетом этих факторов. При выборе сообществ исходили из того, что они должны быть широко распространены и типичны для данной местности. Объекты подобраны в определенной повторности для получения достоверных данных. Выбранные для исследований и контроля участки имеют сходную структуру растительного покрова. На исследуемых территориях проводилось

описание травянистой растительности на учетных площадках размером 1×1 метр, при этом фиксировали число видов и для каждого вида определяли принадлежность к эколого-ценотической группе, биморфе и устанавливали обилие.

На первом этапе исследования группе экспертов было предложено оценить вклад в сохранение рекреационной устойчивости растительности следующих показателей (входных аргументов): количество видов, процент многолетних видов, процент луговых и рудеральных видов. Рекреационная устойчивость (РУ) оценивалась в пятибалльной системе от 1 до 5. РУ <2,5 единиц – низкая, от 2,5 ≤ РУ ≤ 3,5 единиц – средняя, от 3,5 и выше – высокая рекреационная устойчивость.

На основании полученных данных была составлена таблица, отражающая соответствие каждого из показателей качеству рекреационной устойчивости. Далее была построена корреляционная матрица (построение производилось по 37 точкам), в результате чего были определены коэффициенты корреляции между функцией отклика (рекреационной устойчивостью) и входными аргументами, а также – между самими аргументами. Далее была построена регрессионная модель вида $y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$. Анализ эффективности модели был осуществлен сначала на обучающей выборке (рис. 1.).



Ряд 1 – мнение эксперта, Ряд 2 – расчетный балл.

Рис. 1. Соотношение расчетного значения рекреационной устойчивости и мнения эксперта (обучающая группа)

Как видно из рисунка 1, мнение эксперта и расчетные параметры рекреационной устойчивости довольно часто совпадают. Коэффициент корреляции Пирсона между ними составил r = 0,98 (функциональная связь).

Вместе с тем, как было отмечено выше, в основу расчетов было положено личное мнение экспертов. Другими словами, исследование носило характер «мысленного эксперимента», без привлечения опытных данных. Кроме того, верификация результатов на группе обучения не является корректным приемом проверки информативности модели. В связи с этим эффективность предложенного метода была проверена нами на результатах замеров ряда контрольных

точек природного парка «Шаркан» и национального парка «Нечкинский» (Удмуртская Республика).

Коэффициент корреляции Пирсона в данном случае составил r = 0,82, (сильная зависимость). Результаты визуализированы на рис. 2. Как видно из графика, предложенная модель в целом соответствует мнению эксперта.

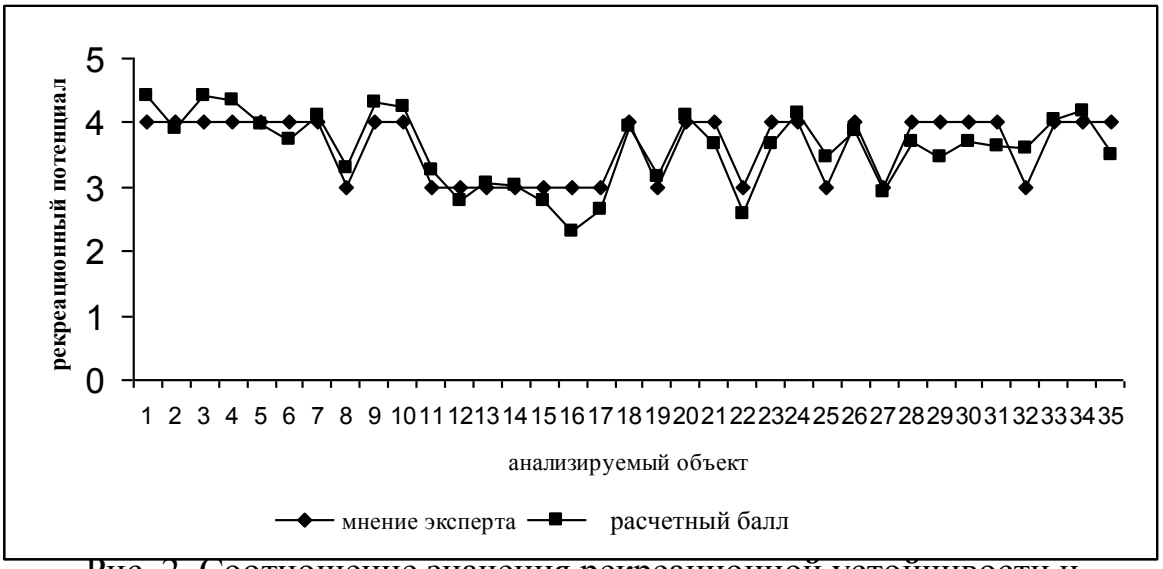


Рис. 2. Соотношение значения рекреационной устойчивости и мнения эксперта (проверочная группа)

По итогам нескольких лет наблюдений и исследований за рекреационным использованием территорий можно сделать следующий вывод: созданная модель оценки рекреационной устойчивости растительности показала высокую информативность на контрольной группе наблюдений, коэффициент корреляции r = 0,82 при сравнении расчетных показателей и мнения эксперта.

Литература

Надеждина Е. С. Рекреационная дигрессия лесных биогеоценозов // Влияние массового туризма на биоценозы леса. М.: Изд-во МГУ, 1978. С. 35–44.

Рысин Л. П. Методологические основы оптимизации рекреационного лесопользования // Оптимизация рекреационного лесопользования. М.: Наука, 1990. С. 6–15.

Сытник К. М., Брайон А. В., Гордецкий А. В., Брайон А. П. Эмсис И. В. Словарь-справочник по экологии. Киев, 1994. С. 202.

Эмсис И. В. Опыт прикладного изучения лесов рекреационного назначения // Оптимизация рекреационного лесопользования. М.: Наука, 1990. С. 15–23.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСОВ И ДЕНДРОИНДИКАЦИЯ ИХ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е. В. Емельяшина
Брянский государственный университет им. академика И. Г. Петровского,
katenok_emelyanova@mail.ru

Лесные экосистемы (биогеоценозы) являются саморегулирующимися, они обладают значительной устойчивостью и способны поддерживать динамическое равновесие в очень широком диапазоне условий (Демаков и др., 2004). Однако в настоящее время техногенное, рекреационное, хозяйственное воздействие человека на окружающую среду вносит опасные изменения как в экологические системы в целом, так и в отдельные их компоненты. Степень нарушения биогеоценозов, отдельных составляющих биосферу компонентов определяют путем сравнения их по ряду признаков и характеристик с ненарушенными экосистемами, по динамике поддающихся учету изменений (Демаков и др., 2004). Для экологической оценки состояния лесных экосистем (в том числе испытывающих воздействие антропогенных факторов различной интенсивности) эффективно использование методов биологической индикации. Преимущество таких методов в возможности выявления реакции на весь комплекс воздействующих факторов, который очень сложно и неполно определяется с помощью приборов.

Радиальный прирост деревьев – комплексный показатель, позволяющий проследить изменение их состояния в течение всей жизни и учесть климатическую составляющую (Кац, 2000). При анализе динамики состояния лесных экосистем нельзя обойтись без достоверной оценки этого показателя.

В процессе изучения лесных экосистем Брянской области были выявлены следующие факты.

1. Повышение устойчивости лесов возможно лишь на основе формирования оптимальной пространственной структуры лесного фонда и лесных экосистем в соответствии с экологически необходимыми и посильными для общества стандартами качества.

2. Оценивать такое динамическое явление, как устойчивость лесных экосистем, целесообразно по следующим показателям: интенсивность воздействия на леса неблагоприятных факторов; степень нарушенности состояния лесов; средоохранное значение лесов; лесистость; средний возраст древостоя.

3. Для лесов Брянской области определены следующие показатели:интенсивность воздействия на леса неблагоприятных факторов (от 50 до 3000 баллов); степень нарушенности состояния лесов (от 0–100 до 2001 и более баллов); средоохранное значение лесов (от 11 до 51 и более баллов); средний возраст древостоя (от 41 до 61 и более баллов); лесистость (от 1–20 до 60%) (Емельяшина, 2014). Результаты отражены на картах распространения лесничеств в области (рис. 1).

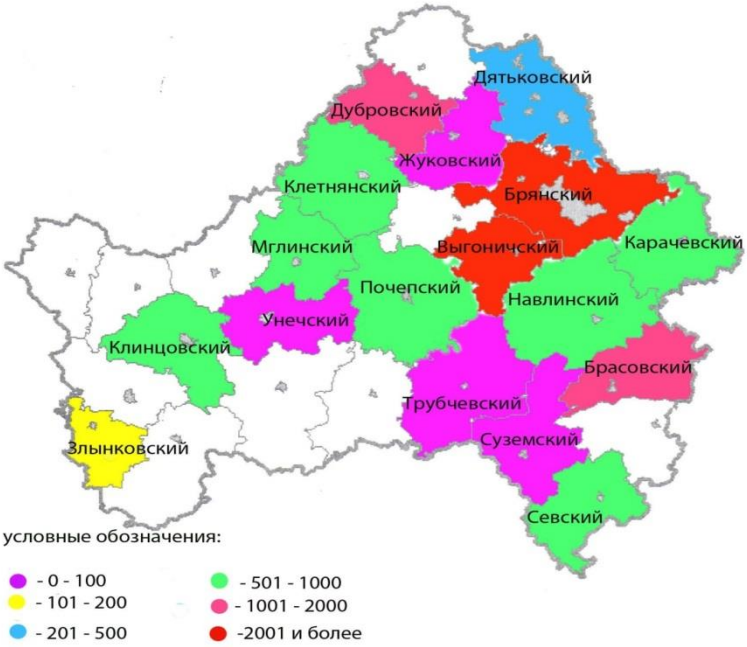


Рис. 1. Показатель степени нарушенности состояния лесов в участковых лесничествах

4. Исследование радиального прироста древесных растений-лесообразователей выявило циклический характер интенсивности роста в толщину – чередование периодов усиления и ингибирования роста, у сосны ярко выражен возрастной тренд – снижение интенсивности прироста с увеличением возраста. Сходный характер роста по радиусу ствола свидетельствует о превалировании влияния общего глобального фактора – климатических условий на динамику радиального прироста (Битвинскас, 1974; Комин, 1990; Емельяшина, 2014).

5. Дендроиндикация может использоваться для диагностики влияния антропогенного фактора на состояние коренных и городских лесов (Битвинскас, 1974). Анализ дендрошкал деревьев за последние 50 лет (1964–2014 гг.) и текущий радиальный прирост выявил снижение интенсивности роста в толщину модельных деревьев по мере приближения к ЗАО «Мальцовский Портландцемент» – крупнейшему загрязнителю среды Брянской области (рис. 2).

При оценке состояния городской среды с использованием метода дендроиндикации установлено, что статистические показатели определенной части полученных древесно-кольцевых-хронологий свидетельствуют об их надежности для индикации условий произрастания древесной растительности Брянской области. Одним из главных лимитирующих факторов, определяющих величину радиального прироста деревьев, является режим увлажнения первой половины сезона вегетации (май – июнь). Независимо от условий местообитаний деревья отрицательно реагируют на недостаточное увлажнение первых месяцев вегетации. Циклическая структура древесно-кольцевых хронологий отражает специфику лесорастительных условий произрастания деревьев, режима увлажнения области и динамику солнечной активности. Наблюдаемые изменения регионального климата последних десятилетий положительно повлияли на годичный

радиальный прирост деревьев. Падение прироста в толщину у древесных растений обусловлено именно действием комплекса негативных техногенных факторов, постоянно присутствующих в городской среде.

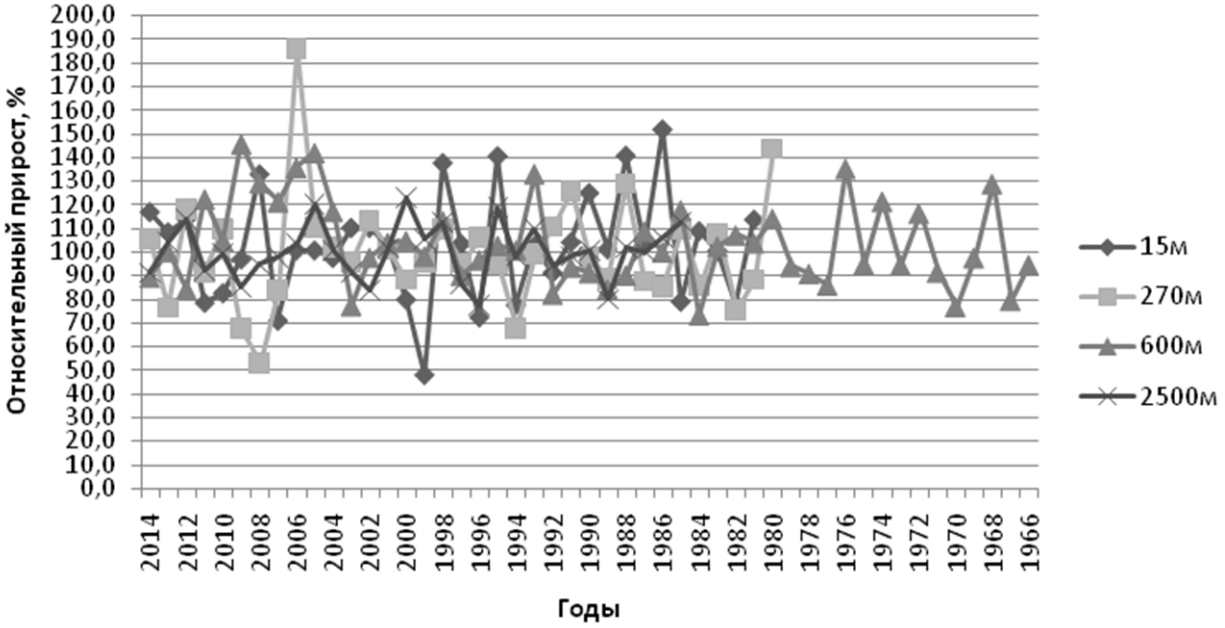


Рис. 2. Относительный радиальный прирост деревьев *Betula pendula* за период 1966–2014 гг. (различные расстояния от санитарно-защитной зоны ЗАО «Мальцовский Портландцемент»)

6. Морфологическая дендроиндикация по крылаткам клена остролистного показала возможность диагностики среды по наиболее изменчивым признакам: длина и ширина двукрылатки, форма крыла, окраска крыльев, окраска плюски, угол между крыльями.

Литература

Битвинскас Т. Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 172 с.

Демаков Ю. П. Теоретические и практические аспекты устойчивого природопользования: управление, принципы организации природно-хозяйственных систем, ландшафтное планирование / Ю. П. Демаков, Л. К. Казаков, В. П. Чижова и др. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2004. 404 с.

Емельяшина Е. В. Устойчивость лесов и подходы к их оценке // Актуальные проблемы химии и биологии: Материалы науч.-практ. конф. Пущино, 2014. С. 41.

Кац Д. Л. Возможности применения дендрохронологических методов для изучения городской среды // Реакция растений на глобальные и регион, изменения природной среды: Тез. докл. Всерос. совещ. 25–29 сент. 2000 г. Иркутск, 2000. С. 47.

Комин Г. Е. Применение дедрохонологических методов в экологическом мониторинге лесов // Лесоведение. 1990. № 2. С. 3–9.

ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ХВОЙНЫЕ В БИОИНДИКЦИИ И ЗОНИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ

О. Н. Онофрейчук
Брянский государственный университет им. академика И. Г. Петровского,
eco_egf@mail.ru

Общее состояние атмосферного воздуха городов можно определять с помощью биоиндикаторов – видов семейства хвойные, широко распространённых в насаждениях урбоэкосистем: известна их высокая чувствительность к различным видам загрязнителей (Биоиндикация загрязнений …, 1988). Хвойные виды очень чувствительны к токсикантам антропогенного и природного происхождения, в особенности к сернистому газу. Ответные реакции хвойных как биоиндикаторовна стрессовые факторы в городах выражаются в изменении длины и цвета хвои, прироста годичных колец, изреживания кроны, а также появлении некротической пигментации.

Цель работы – определить степень загрязнения воздушного бассейна города Рыбницы (Приднестровская Молдавская Республика) с помощью параметров нескольких видов хвойных.

Анализ изменений биоиндикаторов приводится за период 2013–2015 гг. В качестве биоиндикаторов рассматривались фоновые, массово распространённые в городских насаждениях виды: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель колючая (*Picea pungens*) и ель европейская (*Picea abies*) (Стольберг, 2000).

Применялась стандартная методика биоиндикации: в каждом пункте (пробной площадке, ПП) отбирался побег хвойного дерева длиной 10 см. Затем в камеральных условиях подсчитывали число хвои на побеге, устанавливалась длина и ширина хвоинок, цвет хвои, определялись хлорозы и некрозы, и их характер. Был рассчитан индекс продолжительности жизни хвои (Q) по формуле: Q= 3B1+2B2+B3 /B1+B2+B3, где B1, B2, B3 – число деревьев с продолжительностью жизни хвои соответственно 1, 2, 3 года (Федорова, Никольская, 2001).

По полученным данным делается вывод о продолжительности жизни хвои и определяется степень загрязненности атмосферного воздуха. Видовые названия растений приведены согласно списка С. К. Черепанова (1995).

Данные по состоянию хвойныхвидов в городе Рыбнице занесены в сводную таблицу.

Таблица

Показатели состояния среды по комплексу признаков у хвойных г. Рыбницы

№ ПП*	Число хвоинок на 10 см побега	$M_{ср.}$ мм	Продолжительность жизни, лет	Некрозы,%	Длина/ширина, мм
2013 год					
1	141	23,96	2	79,2	14–28/1,5
2	220	70,42	3	68	46–98/1
3	173	86,43	2	51,4	54–93/1,5
4	182	13,27	3	3,3	9–18/1

№ ПП*	Число хвоинок на 10 см побега	$M_{ср.}$ мм	Продолжительность жизни, лет	Некрозы,%	Длина/ширина, мм
5	218	15,625	3	18,8	10–23/1
6	171	14,4	3	50,8	11–17/1,5
7	184	134,89	3	20	94–182/2
8	237	15,225	4	–	12–18/1,5
2015 год					
1	123	22,7	4	более 60	20–26/1,5
2	188	93,7	3	более 45	38–105/ 1,5
3	178	105,8	2	до 15	36–120/1,5
4	164	13	3	до 25	4–17/1
5	201	16,7	3	более 65	9–22/1
6	156	17,9	5	70–80	9–24/1,5
7	160	107,7	4	до 50	94–145/1,5

Примечание. *Условные обозначения: 1. ул. Кирова (ММЗ), 2. ул. Пушкина (4 остановка), 3. ул. Титова (ост. больница), 4. ул. Вальченко (Диагностический центр), 5. ул. Завадского (кафе Океан), 6. ул. Комсомольская (музей), 7. ул. Чернышевского, 8. ул. Кирова (Цементный завод).

Индекс продолжительности жизни хвои за 2013 и 2015 год:Q (2013) = 1,3и Q (2015) = 1,25. Чем больше значение Q, тем выше индекс продолжительности жизни хвои и, соответственно, чище воздух.

Массивы хвойных видов в городе Рыбнице отражают антропогенную нагрузку, которая оценивается выше средней. У всех проанализированных образцов отмечаются некротические поражения, различные по своему характеру (точечные, верхушечные, центральные, срединные) и масштабу распространения. Деревья, произрастающие около трассы, отличаются большей запыленностью, загрязненностью и пораженностью листовых пластинок.

Индексы продолжительности хвои по годамразличаются недостоверно. Если судить по значению этого индекса, то загрязнение атмосферного воздуха осталось на прежнем уровне.

Наиболее благоприятное состояние отмечается в пункте № 3 – ул. Титова, в то время как в 2013 г. данное состояние отмечалось в пункте № 4 – ул. Вальченко. Местоположение ПП с неблагоприятным общим состоянием атмосферного воздуха не изменилось, она отмечается в пунктах № 1– ул. Кирова (ММЗ) и № 6 – ул. Комсомольская.

Различное число некрозов на листьях хвойных видов – хороший критерий для составления карт по зонированию территории урбоэкосистем (рис.).

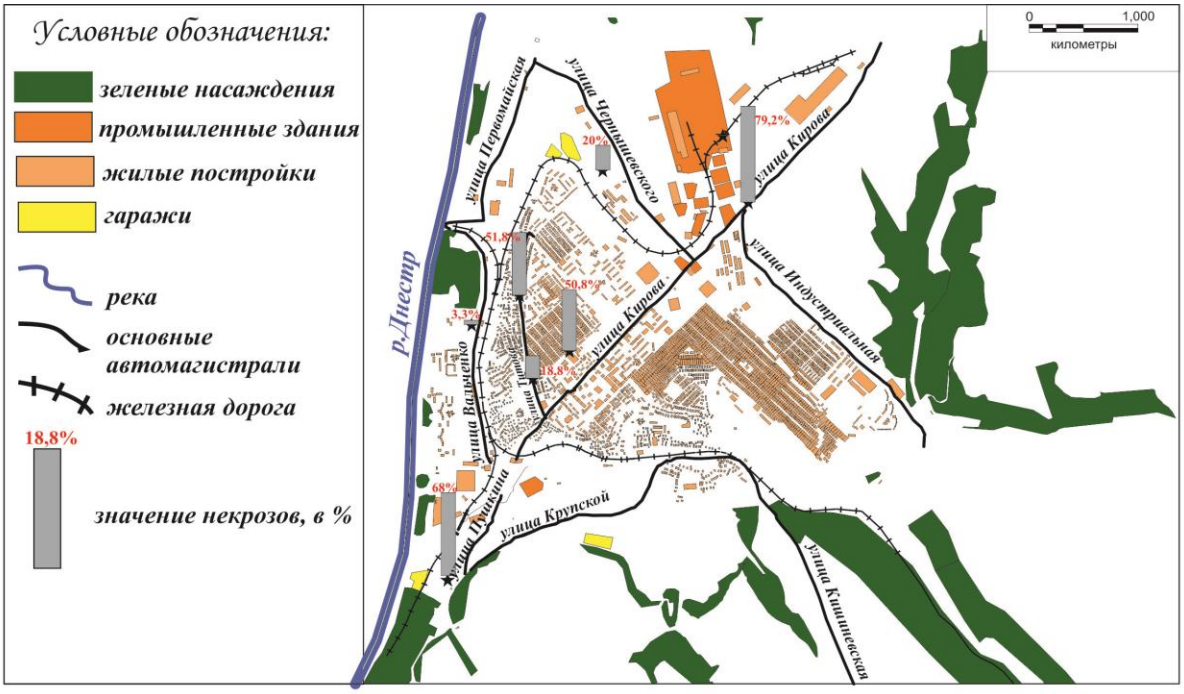


Рис. Различные зоны города по состоянию воздуха, выделенные с использованием показателя некротических поражений листьев хвойных видов

Таким образом, хвойные виды – неспецифические биоиндикаторы, которые наглядно демонстрируют общее состояние воздуха в различных по площади городах.

Литература

Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 348 с.

Стольберг Ф. В. Экология города / Под общ. ред. Ф. В. Стольберга. К.: Либра, 2000. 464 с.

Фёдорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. 288 с.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., 1995. 992 с.

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ВЛАГООБМЕНА ХВОИ СОСНЫ И ЕЛИ В СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

С. Н. Сенькина
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
senkina@ib.komisc.ru

Транспирация является одним из основных физиологических процессов, характеризующих влагообмен растений. Наибольший интерес представляют определения суточного хода транспирации. Более отчетливо проследить наблюдающиеся закономерности интенсивности данного процесса можно в ясные дни с правильным ходом метеоэлементов.

Исследования интенсивности транспирации проводили в хвойных древостоях черничного типа на хвое второго года жизни в середине вегетационного сезона – июнь – июль.

Суточная ритмичность физиологических процессов – это необходимое условие нормальной жизнедеятельности растений. Импульсивный характер транспирации установлен на многих растениях. В течение суток мы выявили как у сосны, так и у ели три пика наибольшей интенсивности транспирации у сосны – в 9 ч утра, в 13 и 17 ч дня, у ели – в 9 ч утра, в 11 и 15 ч дня (рис.) В условиях достаточного увлажнения величина и общий ход транспирации растений определяется влиянием метеорологических факторов: солнечной радиации, температуры и влажности воздуха. Возрастание транспирации утром может быть обязано ночному повышению влажности верхних горизонтов почвы (Воронков, 1973). Что касается внутреннего регулирования процесса транспирации в течение суток, то в данных условиях они или вовсе не дают о себе знать, или же проявляются в самой минимальной степени (Воронков, 1973). Так, рассчитанные нами коэффициенты корреляции интенсивности транспирации с устьичным сопротивлением составили у сосны -0,6, а у ели -0,4. Ночью интенсивность транспирации по сравнению с дневной уменьшается у сосны в 4, а у ели в 13 раз. По другим данным ночная интенсивность транспирации может уменьшаться в 10 и 20 раз (Максимов, 1982; Кузнецов, Дмитриева, 2005). Средняя интенсивность транспирации хвои сосны в течение суток составляет 7,2 ммоль $м^{-2}$ $с^{-1}$ из них 26% приходится на утреннюю транспирацию, 52% на дневную и по 11% на вечернюю и ночную. У ели средняя интенсивность транспирации хвои в течение суток в 3 раза меньше и составляет 2,2 ммоль $м^{-2}$ $с^{-1}$ из которых на утреннюю, дневную, вечернюю и ночную приходится соответственно 49, 42, 7 и 2%. Как правило, в зависимости от комплекса метеоусловий, а также почвенной влагообеспеченности можно наблюдать как одновершинные, так и многовершинные кривые интенсивности транспирации. Двух- и трехвершинный типы кривой дневного хода характерны для растений с подвижным водным режимом, а одновершинные кривые дневного хода транспирации обычны для растений с замедленным водообменном (Алексеенко, 1976).

Считается, что чем сильнее корреляция интенсивности транспирации с температурой и влажностью воздуха, тем позже наступает дневной максимум транспирации (Выгодская и др., 2004).

Корреляция между интенсивностью транспирации хвои сосны и ели, произрастающих в хвойных древостоях черничного типа, с основными метеофакторами в течение суток представлена в таблице.

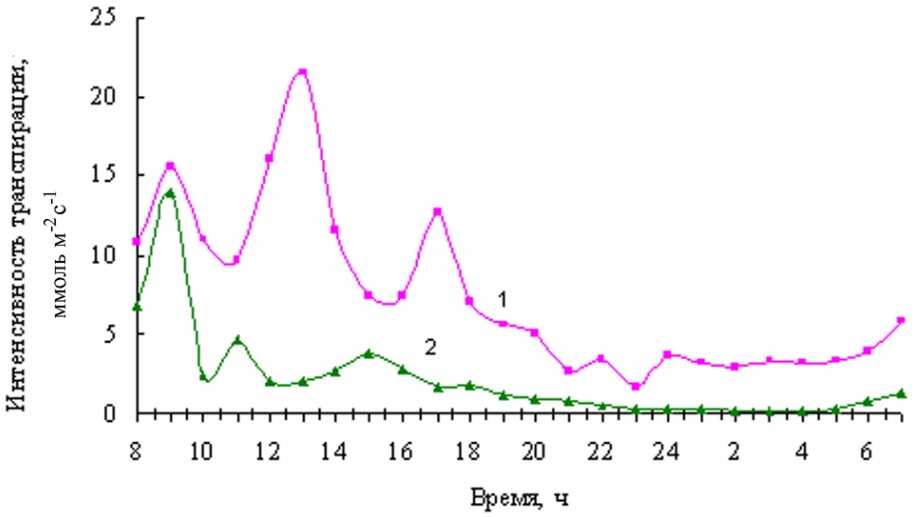


Рис. Суточный ход интенсивности транспирации хвои сосны (1) и ели (2)

Таблица

Коэффициенты корреляции интенсивности транспирации хвои сосны и ели с метеофакторами в течение суток

Время суток, ч	Сосна			Ель		
	с освещенностью	с температурой воздуха	с влажностью воздуха	с освещенностью	с температурой воздуха	с влажностью воздуха
Утро 6–10	+0,9	+0,9	-0,5	+0,9	+0,7	-0,5
День 10–18	+0,9	+0,4	-0,1	+1,0	+0,9	-0,5
Вечер 18–22	+0,9	+0,8	-0,7	+1,0	+1,0	-1,0
Ночь 22–6	+0,3	-0,9	+0,2	-0,6	+0,9	-0,5

Таким образом, как у сосны, так и у ели отмечается сильная связь между интенсивностью транспирации и освещенностью с 6 до 22 часов, ночью она ослабевает. С температурой воздуха сильная связь отмечается у сосны в утренние и вечерние часы, а у ели в течение всех суток. С влажностью воздуха интенсивность транспирации сосны тесно коррелирует в период с 18 до 22 часов, в то время как у ели тесная корреляция с влажностью воздуха отмечается только в вечернее время. В целом, за сутки коэффициенты корреляции транспирации составили у сосны: с освещенностью 0,8, с температурой воздуха +0,7, с влажностью воздуха -0,7. У ели они составили +0,9; +0,6; -0,4 соответственно.

В заключении следует подчеркнуть, что в условиях средней подзоны тайги расходование воды на транспирацию в постоянно изменяющихся природных условиях контролируется комплексом взаимосвязанных абиотических факторов, оценить роль каждого из которых в отдельности очень сложно, поскольку в природных условиях они действуют на живой организм одновременно и совместно.

Литература

Алексеенко Л. Н. Водный режим луговых растений растений в связи с условиями среды. Л.: ЛГУ, 1976. 200 с.

Воронков Н. А. Влагооборот и влагообеспеченность сосновых насаждений. М.: Лесная пром-ть, 1973. 184 с.

Выгодская Н. Н., Абражко В. И., Варлагин А. В., Курбатова Ю. А., Сидоров К. Н., Милюкова И. М., Согачев А. Ф. Согачева Л. М., Шапошников Е. С. Непомнящий Е. С., Абражко М. А. Многолетняя динамика почвенного увлажнения и усыхание ели в еловых лесах южной европейской тайги // Лесоведение. 2004. № 1. С. 3–22.

Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. М.: Высш. школа, 2005. 736 с.

Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений // Водный режим и засухоустойчивость растений. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 1. 576 с.

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В РАСТЕНИЯХ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЕЛОВЫХ И БЕРЕЗОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

Т. А. Пристова, С. В. Загирова, А. В. Манов
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
pristova@ib.komisc.ru

В последние десятилетия в связи с глобальным потеплением климата изучение углеродного цикла лесных экосистем таежной зоны актуально. Важным этапом в этом процессе является определение запасов и распределения углерода в структуре лесных биогеоценозов. Содержание углерода в древесных растениях достаточно хорошо изучено, в отличие от растений напочвенного покрова (Бобкова, Тужилкина, 2001). Цель работы заключалась в определении содержания углерода в различных видах растений напочвенного покрова еловых и березового фитоценозов Приполярного Урала.

Исследования проводили в 2014 г. в бассейне р. Большая Инта в Интинском районе Республики Коми (65º 48' с.ш. 60º 40'в.д.). Рельеф местности полого-увалистый, предгорные ландшафты Приполярного Урала в районе исследования образованы типичными для крайнесеверной тайги еловыми и березовыми формациями. Пробные площади были заложены в ельнике черничнозеленомошном (состав древостоя 5Е5Б), ельнике сфагновом (6Е4Б+П) и березняке долгомошном (7Б3Е). Исследованные древостои характеризуются разновозрастностью (90-320 лет) и низкой продуктивностью (100-150 м^3/га).

Отбор растительных образцов для химического анализа проводился в 10-15-кратной повторности. Содержание углерода в растительных образцах определено методом газовой хроматографии на элементном анализаторе EA 1110 (CHNS–O) (фирма CE Instruments, Италия) в аккредитованной экоаналитической лаборатории Института Биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат № РОСС RU.0001.511257). Границы интервала абсолютной погрешности (при P=0,05) составляют 1,2–1,6%.

Содержание углерода в растениях напочвенного покрова исследуемых фитоценозов варьировало в пределах 39-50% абсолютно сухого вещества

(а.с.в.). Согласно литературным данным, в растениях напочвенного покрова сосновых и еловых фитоценозов средней тайги Республики Коми концентрация углерода меняется в пределах 42-53% а.с.в. (Бобкова, Тужилкина, 2001), лиственных – от 43 до 54% а.с.в. (Пристова, 2007). Концентрация углерода в растениях видоспецифична. Из всех изученных нами видов минимальные концентрации углерода выявлены у хвоща лесного (*Equisetum sylvaticum*) (38,9% а.с.в.) и чемерицы Лобеля (*Veratrum lobelianum*) (39,0% а.с.в.), максимальная – для черники (*Vaccinium myrtillus*) (49,9% а.с.в.). Концентрация углерода в кустарничках находится в диапазоне 45–50, в лесном разнотравье 39–43, в злаках и осоках – 42–43, в мхах – 40–44% а.с.в. В подземной части растений этот показатель ниже на 1-3%, чем в надземной, однако, эта разница статистически не достоверна (t-критерий от 0,7 до 1,8, при P=0,05).

Нами установлено, что концентрация углерода одного и того же вида растения, произрастающего в разных типах исследуемых лесных фитоценозов различается незначительно – менее 1%. Так, содержание углерода в надземной части луговика извилистого (*Avenella flexuosa*) в ельнике чернично-зеленомошном составляет 42,5, в ельнике сфагновом – 42,2, в березняке зеленомошном – 42,4% а.с.в. Влияния условий переувлажнения в ельнике сфагновом на концентрацию углерода в растениях доминирующих видов также не установлено. Так, концентрация углерода в плероциуме (*Pleurozium schreberi*) ельника чернично-зеленомошного составляла 42,3, ельника сфагнового 41,7% а.с.в., дерена шведского (*Chamaepericlymenum suecicum*) 41,7 и 41,2% а.с.в. соответственно. Установлено, что различия в концентрации углерода для одних и тех же видов растений в разных типах леса оказались не достоверны (t<2, при P=0,05).

При сопоставлении отдельных видов растений, призрастающих в условиях крайнесеверной и средней тайги Республики Коми выявлено, что концентрация углерода для большинства видов растений крайнесеверной тайги немного ниже, чем в средней (табл.). В целом для еловых фитоценозов средней тайги эти показатели также выше, чем в растениях исследуемых фитоценозов (Бобкова, Тужилкина, 2001).

Таблица

Содержание углерода в некоторых видах лесных растений крайнесеверной и средней тайги, %

Вид растения	Крайнесеверная тайга	Средняя тайга	Источник
Березовые фитоценозы			
Vaccinium myrtillus	48,3±1,6	47,0±1,7	Пристова, 2007
Pleurozium schreberi	42,0±1,4	43,6±1,8	
Еловые фитоценозы			
Sphagnum girgensohnii	40,6±1,3	42,3±0,4 - 43,6±1,4	Кузнецов, 2010; Бобкова, Тужилкина, 2001
Зеленые мхи *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi* (среднее)	42,2±1,4	45,4±2,3	
Vaccinium myrtillus	48,4±1,6	49,1±1,0 - 50,6±1,6	
Gymnocarpium dryopteris	42,1±1,4	44,7±2,2	

Статистический анализ выявил, что более низкая концентрация углерода в растениях напочвенного покрова в условиях крайнесеверной тайги по сравнению со средней тайгой не является значимой (существенной) (t-критерий от 0,4 до 1,5, при P=0,05).

Таким образом, концентрация углерода в растениях напочвенного покрова исследованных фитоценозов Приполярного Урала составляет 39–50% а.с.в. и не зависит от типа леса, ландшафтных и гидротермических условий местообитания. В пределах таежной зоны этот показатель является видоспецифичным и существенно не изменяется с продвижением от средней к крайнесеверной тайге.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ПРООН/ГЭФ Коми ООПТ № 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» (2008–2016 гг.).

Литература

Бобкова К. С., Тужилкина В. В. Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера // Экология. 2001. № 1. С. 69–71.

Кузнецов М. А. Динамика содержания органического углерода в заболоченных ельника средней тайги. Автореф. дис. … к.б.н. (03.02.08 – экология), Сыктывкар, 2010. 25 с.

Пристова Т. А. Содержание углерода в компонентах органической массы лиственно-хвойного насаждения средней тайги // Материалы I (XIV) Всеросс. молодеж. науч. конф. Сыктывкар. 2007. С. 214–216.

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА ОХВОЕННЫХ ПОБЕГОВ *JUNIPERUS COMMUNIS* (CUPRESSACEAE)

Н. В. Герлинг, В. В. Пунегов, И. В. Груздев
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, gerling1@rambler.ru

Можжевельник обыкновенный является циркумбореальным видом, который встречается в составе подлеска практически всех типов леса в условиях средней тайги (Леса Республики Коми, 1999). По обилию выделяемых в воздух бактерицидных эфирных веществ можжевельник стоит на первом месте среди других древесных видов растений (Лесная энциклопедия, 1986). Эфирные масла можжевельника обыкновенного проявляют антифунгальную активность (Cavaleiro et al., 2006).

Цель настоящей работы заключалась в выявлении качественного и количественного состава эфирного масла охвоенных побегов можжевельника обыкновенного, произрастающего под пологом ельника чернично-сфагнового подзоны средней тайги.

Исследования проводили в марте 2012 г. в ельнике чернично-сфагновом (62°16´03´´ с.ш. 50°41´07´´ в.д.) на территории Ляльского лесоэкологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН, расположенного в подзоне средней тайги (Коренные еловые леса …, 2006). Можжевельник обыкновенный под пологом ельника чернично-сфагнового произрастает в форме куста высотой 2–2,4 м. Сбор образцов проводили в марте. Побеги 1–4 года жизни от-

бирали из средней части кроны с 5 кустов в полуденные часы (11–12 ч). Эфирное масло *J. communis* выделяли методом гидродистилляции по способу II ГФ СССР (11-е издание) (Государственная…, 1987). Практический выход эфирного масла определяли гравиметрически. Эфирное масло в пентане подвергли газохроматографическому анализу (ГХ) и хромато-масс-спектрометрическому (ГХ/МС) анализу. Компонентный состав эфирного масла можжевельника обыкновенного определяли методами ГХ с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и ГХ/МС.

Газохроматографический анализ выполняли на хроматографе «Кристалл 2000 М» (Хроматэк, Россия) с пламенно-ионизационным детектором, совмещенным с системой сбора и обработки хроматографической информации «Хроматэк Аналитик 2.5». Идентификацию веществ проводили на хромато-масс-спектрометре TRACE DSQ фирмы Thermo (газовый хроматограф TRACE GC Ultra и масс-спектрометр DSQ) в режиме полного ионного тока (энергия электронов 70 эВ).

Эфирное масло можжевельника обыкновенного представляет собой жидкость светло-желтого цвета. Содержание эфирного масла в охвоенном побеге составило 0,46±0,01%. В эфирном масле можжевельника обыкновенного, произрастающего под пологом ельника чернично-сфагнового, нами было идентифицировано 37 компонентов веществ. Массовая доля этих компонентов в составе эфирного масла составила 89%. Наибольший процент принадлежал фракции низкокипящих терпеновых углеводородов-монотерпенов 82,3%, к ним относятся α-пинен (24,5–32,6%), β-пинен (15–20,3%), α-фелландрен (6,4–8,8%). Сесквитерпены в эфирном масле можжевельника обыкновенного составляли менее половины процента от общего состава. Среди группы терпеноидов наибольшая доля принадлежала спиртам 3,5%. Из всего состава эфирного масла 9 компонентов имели концентрацию более 1%.

Качественный и количественный состав эфирного масла одного и того же вида может меняться в зависимости от географического положения растения. Так по данным Ф. Шамира (Shahmir et al., 2003), в Северном Иране у можжевельника обыкновенного в хвое доминировали сабинен (40,7 %), α-пинен (12,5%) и терпинен-4-ол (12,3%). В хвое можжевельника из Италии по данным Р. Карамелло (Caramiello et al., 1995), наибольшее содержание приходилось на сабинен (41,4 %) и α-пинен (13,4%). По сравнению с другими видами сем. *Cupressaceae*, можжевельник обыкновенный по содержанию эфирных масел уступает *Juniperus sabina* (2,5–4,8%), *J. pseudosabina* (4,5%), *J.sibirica* (1,31–1,35%) произрастающих в Восточном Казахстане (Мырзагалиева, Медеубаева, 2014).

По содержанию эфирного масла можжевельник обыкновенный в ряду хвойных растений таежной зоны занимает среднее положение. Выход эфирного масла у хвои *Larix sibirica* L. в Сибири не значительно отличается от можжевельника обыкновенного и составляет 0,41%, у *Pinus sylvestris* L. – 1,77% (Чекушкина и др., 2007). Основную долю в эфирном масле лиственницы составляют монотерпеноиды (59%), основными компонентами являются: α-пинен, β-пинен, сесквитерпеноиды представлены кариофилленом, γ-кадиненом, β-кадиненом. У сосны обыкновенной содержание монотерпенов в эфирном

масле в условиях Сибири составляет менее половины (49,4%), основными компонентами масла среди монотерпенов являются α-пинен, камфен, 3-карен, лимонен, среди сесквитерпенов: кариофиллен, селинен, муролен, кадинен (Чекушкина и др., 2008). У *Picea obovata* Ledeb. в условиях г. Красноярска выход эфирного масла из хвои составляет 0,9 %, доля монотерпеноидов в эфирном масле составляет 58,5% с доминированием β-фелландрена, камфена и 3-карена. Доля сесквитерпиноидов – 3,7% (Есякова, Степень, 2007). По количественному выходу эфирного масла вышеперечисленные виды древесных растений можно расположить в следующем порядке: сосна обыкновенная > ель сибирская > можжевельник обыкновенный > лиственница сибирская. По содержанию фракции монотерпенов можжевельник обыкновенный превосходит остальные виды.

Таким образом, в результате проведенных исследований можжевельника обыкновенного, произрастающего под пологом ельника чернично-сфагнового, выявлено, что в марте содержание эфирных масел достигает 0,46%. По качественному и количественному составу эфирного масла можжевельник обыкновенный отличается от других лесообразующих пород таежной зоны повышенным содержанием монотерпенов. По количественному выходу эфирного масла из сырья можжевельник обыкновенный ближе к лиственнице.

Литература

Государственная фармакопея СССР. XI изд. Вып. 1. М., 1987.

Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Отв. ред. К. С. Бобкова, Э. П. Галенко. СПб.: Наука, 2006. 337 с.

Леса Республики Коми / Под ред.: Г. М. Козубова и А. И. Таскаева. М.: «Дизайн. Информация. Картография», 1999. 332 с.

Лесная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1986. Т. 2. 631 с.

Мырзагалиева А. Б., Медеубаева Б. З. К изучению эфирномасличности представителей семейства *Cupressaceae* bartl. флоры Восточного Казахстана // Фундаментальные исследования. 2014. № 5. С. 1021–1024.

Чекушкина Н. В., Невзорова Т. В., Ефремов А. А. Фракционный состав эфирного масла сосны обыкновенной // Химия раст. сырья. 2008. № 2. С. 87–90.

Чекушкина Н. В., Невзорова Т. В., Шаталина Н. В., Ефремов А. А. О составе эфирного масла лиственницы сибирской и сосны обыкновенной Сибирского региона // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Мат. Всерос. конф. Барнаул, 2007. Кн. 2. С. 119–124.

Caramiello R., Bocco A., Buffa A., Maffei M. Chemotaxonomy of *Juniperus communis, J. sibirica* and *J. intermedia* // Ess. Oil Res. 1995. Vol. 7. P. 133–145.

Cavaleiro C., Pinto E., Gonçalves M. J., Salgueiro L. Antifungal activity of *Juniperus* essential oils against dermatophyte, *Aspergillus* and *Candida* strains // J. Appl. Microbiol., 2006. Vol. 100. P. 1333–1338.

Shahmir F., Ahmadi L., Mirza M., Korori S. A. Secretory elements of needles and berries of *Juniperus communis* L. ssp. *communis* and its volatile constituentsv // Flavour and Fragrance Journal. 2003. Vol. 18. P. 425–428.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЛИШАЙНИКОВ И МХОВ

Е. В. Шамрикова [1], А. Г. Заварзина [2], О. С. Кубик [1], В. В. Пунегов [1]
[1] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
[2] Московский государственный университет,
shamrik@ib.komisc.ru, zavarzina@mail.ru

Лишайники и мхи играют важную роль в первичном почвообразовании. Известно об их участии в трансформации минерального субстрата, образовании мелкозема и вторичных минералов. Представляет интерес химический состав лишайников и мхов как гумусообразователей. Идентификация низкомолекулярных метаболитов перспективна и в связи с развитием новой области исследований – метаболомики (Лукина, 2015). Подобные сведения также необходимы для составления баз данных о химическом составе индивидуальных соединений конкретных видов растений в целях поискабиомаркеров (Ковалева, Ковалев, 2015).

Методом ГХ/МС (Шамрикова, 2013) изучено содержание низкомолекулярных соединений (НС): кислот, спиртов и углеводов в водных вытяжках из мхов *Pleurozium schreberi, Racomitrium lanuginosum* и *R. canescens* и лишайников двух систематических групп, относящиеся к порядкам *Peltigerales* и *Lecanorales* (табл.). Химический анализ объектов выполняли в лаборатории «Экоаналит», аккредитованной в Системе аналитических лабораторий Росстандарта России, отделах «Почвоведение» и «Ботанический сад» Института биологии Коми НЦ УрО РАН, а также на факультете почвоведения МГУ. Дендрограммы сходства горизонтов и разрезов почв строили методом взвешенного среднего. В качестве меры различия применяли Евклидово расстояние (Новаковский, 2010).

В лишайниках общее содержание всех групп растворимых соединений составляет 0,3–12,3, во мхах – 0,2–4,1 г/кг, что в основном не превышает 3% от общего углерода водорастворимых органических соединений. Среди лишайников наименьшим количеством характеризуются представители рода *Cladonia* (0,3–0,5), несколько выше – *Cetraria* (1,4–2,3), далее *Peltigera canina, P. Aphtosa* (5,3–6,1) и *Nephroma, Solorina* (7,8 и 12,3 г/кг соответственно). Среди мхов близкие значения отмечены у видов *Racomitnium lanugonisum* и *R. Canescens* (0,2 и 0,5 г/кг), существенно выше – у *Pleurozium schreberi* (4,1 г/кг). Различаясь между собой по количественным характеристикам, лишайники имеют близкий относительный состав НС, отличный от такового у мхов. У первых преобладают спирты (70–90%), во второй группе доминируют углеводы (80–90%).

Среди спиртов в объектах идентифицированы арабитол, маннитол, глицерин, мио-инзитол и эритриол. Общее содержание спиртов в объектах различается существенно: в лишайниках, относящихся к порядкам Peltigerales, их содержание составляет 4,3–9,8, в Lecanorales несколько ниже – 0,2–1,9 г/кг. Следует отметить, что у представителей рода *Cetraria* этот показатель в 2–6 раз выше по сравнению с *Cladonia* (соответственно 1,2–1,9 и 0,2–0,8 г/кг). Мини-

мальным содержанием спиртов характеризуются мхи рода *Racomitrium* (менее 0,05 г/кг). *Pleurozium schreberi* близок по содержанию спиртов к представителям рода Cladonia. Во всех объектах общая масса спиртов на 90–100% определяется маннитолом и арабитолом.

Таблица

Характеристика водных вытяжек объектов исследований

		Лишайники									Мхи		
		Solorina crocea	*Nephroma arcticum*	*Peltigera canina*	*Peltigera aphthosa*	*Cladonia stellaris*	*Cladonia rangiferiua*	*Cladonia arbuscula*	*Cetraria islaudica*	*Flavocetraria nivalis*	*Pleurozium schreberi*	*Racomitrium lanuginosum*	*Racomitrium canesceus*
$m(C_{общ})$	г/кг	161,3	231,3	119,3	158,7	25,5	32,7	18,3	43,4	28,6	23,6	8,5	9,6
$m_{кислот}$	г/кг	0,12 (1)*	0,37 (5)	0,06 (1)	0,16 (3)	0,01 (5)	0,05 (5)	0,06 (6)	0,02 (1)	0,01 (1)	0,12 (3)	0,02 (3)	0,01 (5)
$m_{спиртов}$	г/кг	9,83 (80)	6,46 (83)	3,53 (67)	4,33 (71)	0,19 (63)	0,76 (76)	0,79 (79)	1,87 (81)	1,21 (86)	0,49 (12)	0,05 (10)	0,02 (12)
$m_{углеводов}$	г/кг	2,35 (19)	0,94 (12)	1,72 (33)	1,64 (27)	0,06 (19)	0,16 (16)	0,18 (18)	0,38 (16)	0,22 (16)	3,48 (85)	0,43 (86)	0,16 (79)
$m_{общ}$	г/кг	12,30	7,78	5,31	6,12	0,26	0,97	1,03	2,27	1,44	4,09	0,50	0,19
$\omega(C_{НС})$	%	3,0	1,3	1,8	1,6	0,4	1,2	2,2	2,1	2,0	6,9	2,3	0,8

Примечание: $m(C_{общ})$ – общее содержание углерода водорастворимых органических соединений объекта, $m(m_{общ})$ – содержание индивидуальных водорастворимых соединений (их сумма), $\omega(C_{НС})$ – массовая доля углерода низкомолекулярных водорастворимых органических соединений от $m(C_{общ})$.

* – массовая доля отдельных классов органических соединений от их общей суммы, %.

Всем объектом характерно присутствие десяти растворимых углеводов: арабиноза, *D*-рибоза, *D*-фруктоза, *D*-глюкоза, сахароза, ксилоза, талоза, *D*-тураноза, галактоза, манноза. Первые пять углеводов на 80–100% определяют общую массу соединений этой группы, которая также существенно колеблется в разных объектах. В таломах представителей порядка *Peltigerales* их содержание равно 1,0–2,4, *Lecanorales* – 0,1–0,4 г/кг. Как и по содержанию спиртов, у представителей рода *Cetraria* этот показатель в 2–4 раза выше по сравнению с *Cladonia*. Содержание углеводов мхов рода *Racomitrium* сопоставимо с данными у представителей рода *Cetraria* (0,2–0,4 г /кг), а содержание сахаров в *Pleurozium schreberi* максимально среди всех объектов (3,4 г/кг). Относительный состав углеводов отличен у разных представителей рода *Peltigera*. Так, *Peltigera canina* и *P. Aphtosa* накапливают сахарозу (60–70%), в меньше степени – *D*-фруктозу (до 20%) и *D*-глюкозу (до 10%). У лишайников, относящихся к родам *Nephroma* и *Solorina* на фоне снижения доли сахарозы в общем содержании

углеводов (до 31 и 1% соответственно) оказывается существенным вклад *D*-рибозы (около 30% у каждого). Отличительной особенностью представителей рода *Cladonia* оказывается то, что углеводы на 70–80% представлены арабинозой, *D*-фруктозой и *D*-глюкозой, причем доли каждого углевода близки. В углеводном составе мхов максимальна доля *D*-рибозы (70–80%).

Общее содержание кислот в объектах составляет 4–400 мг/кг. Идентифицировано 14 кислот, среди которых алифатические незамещенные и замещенные (оксикислоты). В целом представители порядка *Peltigerales* имеют большее суммарное содержание кислот по сравнению с *Lecanorales* (0,2–0,4 и менее 0,1 соответственно). Среди мхов существенным содержанием отличается *Pleurozium schreberi,* где содержание кислот сопоставимо с *Peltigera.* Содержание кислот у представителей рода *Racomitrium* в 7–10 раз ниже. К преобладающим(на 40-80 % от общей их массы) у лишайников порядка *Peltigera* относятся молочная, яблочная и галактоновая кислоты. Отличтиельная особенность *P. aphtosa* – существенное количество сорбиновой кислоты. Представителей рода *Cladonia* характеризуются преобладанием малоновой, глицериновой, сорбиновой и молочной кислот (70–90% в сумме). Общим для всех мхов является наличие молочной, яблочной и оксимасляной кислот (60–90%).Всем образцам, кроме того, свойственно незначительное содержание валерьяновой, янтарной и рибоновой кислот.

Дендрограмма сходства, построенная по содержанию индивидуальных спиртов и углеводов, показывает, что лишайники порядка *Peltigerales* образуют самостоятельный блок, в котором наибольшей степенью сходства характеризуются *Peltigera canina* и *P. aphtosa.* Вторая группа – представители порядка *Lecanorales*. В данной группе оказываются наиболее сходны *Cladonia rangiferina, C. arbuscula, Cetraria islandica* и *Flavocetraria nivalis,* несколько отлична от них *Cladonia stellaris.* Мхи *Racomitrium lanuginosum и R. Canescens* также обнаруживают высокое сходство. Следует отметить, что включение в число рассматриваемых признаков данных по содержанию кислот не изменяет вида дендрограммы.

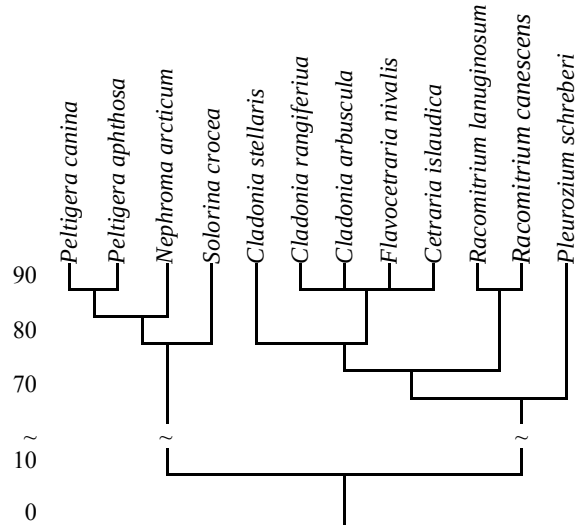


Рис. Дендрограмма сходства объектов

Таким образом, результаты, полученные при использовании метода ГХ/МС для анализа растворимых соединений, подтверждают систематическую зависимость содержания растворимых углеводов и спиртов в отдельных видах мхов и лишайников.

Работа выполнена в рамках проекта № 15-2-4-28 «Биогеохимические процессы как основа устойчивого функционирования почв Арктики в условиях меняющейся природной среды (на примере равнинных и горных экосистем)» Комплексной программы УрО РАН 2015-2017 гг.

Литература

Ковалева Н. О., Ковалев И. В. Лигниновые фенолы в почвах как биомаркеры палеорастительности // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1073–1086.

Лукина Н. В., Орлова М. В., Артемкина Н. А. Метаболомика лесных растений, почв и биогеоценозов // Материалы докл. VI всерос. науч. конф. По лесному почвоведению с междун. участием. Сыктывкар, 2015. С. 105–107.

Новаковский А. Б. Использование модуля «GRAPHS» для анализа экологических данных на основе теории графов // Единое информационное пространство УрО РАН: параллельные вычислители, скоростные телекоммуникации и информационные системы. Екатеринбург, 2010.

Шамрикова Е. В. Кислотность почв таежной и тундровой зон Европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука, 2013. 157 с.

РАСТЕНИЯ В БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СИБИРИ

А. С. Гекк, А. Н. Ларькова, К. С. Коваль, Н. В. Пахарькова
Сибирский федеральный университет,
heck.al@inbox.ru, okashino@rambler.ru,
privalks@bk.ru, nina.pakharkova@yandex.ru

Почвы вокруг больших городов и крупных предприятий на расстоянии в несколько десятков километров загрязнены многочисленными токсичными веществами, причем нефть и нефтепродукты входят в список основных поллютантов. Загрязнение почв нефтью в местах ее добычи, переработки, транспортировки и распределения превышает фоновое в десятки раз. Одним из методов очистки почв от загрязнений нефтепродуктов является биоремедиация – комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов – растений, микроорганизмов, грибов и других организмов (Мельников и др., 2012).

Биоремедиация является одним из наиболее действенных, экологичных, быстрых и эффективных с экономической точки зрения методов восстановления загрязненных земель. В процессе своей жизнедеятельности растения входят в сложные взаимоотношения с микроорганизмами, населявшими почву. В естественных условиях обитания микроорганизмы, окружающие растения, влияют на их рост и развитие. В свою очередь, каждая культура, стимулируя рост, селекционирует определенную микробиоту, так как ризосфера растений является

зоной, в которой происходит адаптация почвенной микробиоты к условиям, создаваемым активно растущими растениями. По литературным данным известно, что бобовые формируют в ризосфере комплекс микроорганизмов, многие из которых могут разлагать углеводороды нефти и нефтепродуктов на более простые соединения. Но для того, чтобы из множества аборигенных видов растений и микроорганизмов выбрать подходящие для использования в биоремедиационном процессе, необходимо оценить их устойчивость к загрязнению нефтью и нефтепродуктами (Пахарькова и др., 2014; Пахарькова и др., 2015).

Под воздействием различных концентраций нефти у растений замедляется рост, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, изменяется структура хлоропластов, в значительной мере страдают корневая система, листья, стебли, репродуктивные органы (Петухова и др., 2002).

Таким образом, то, что нефть оказывает значительное негативное воздействие на жизнедеятельность высших растений, едва ли является дискуссионным вопросом. Необходимо найти метод, позволяющий на ранних стадиях и в достаточно короткий срок определить степень повреждения растений для принятия соответствующих мер. Одним из таких перспективных подходов является метод, основанный на регистрации параметров замедленной флуоресценции хлорофилла (Хабибуллин, Коваленко, 1982).

В качестве объектов исследования были взяты представители семейства бобовых (эспарцет песчаный – Onobrýchis arenária), и злаковых (овсяница тростниковая – Festuca arundinacea). В качестве грунта использовали в одном варианте опыта песок, а во втором – смесь грунта с песком 1:1. Предварительно песок был промыт и просушен в сушильном шкафу при температуре 110 °С. В процессе эксперимента в контейнеры с субстратом были добавлены нефть, в массовой доле 10%, а также оставлены контрольные образцы. В каждый контейнер посажено по 50 семян растений каждого из исследуемых видов. Для повышения пороговой концентрации нефти, при которой возможно использование растений в процессе биоремедиации, дополнительно были использованы тканный и нетканый сорбенты «Униполимер-Био». После подготовки субстрата в него были помещены семена растений и добавлен раствор обогащенного комплексного удобрения «Нитрофоска». Через 14 дней наблюдались только единичные всходы.

Затем был заложен второй опыт в аналогичных условиях, при этом в контейнеры после внесения нефти были внесены микроорганизмы-нефтедеструкторы из накопительной культуры. Через неделю в контейнеры были засеяны семена исследуемых растений. Растения выращивались в течение двух месяцев, затем были проведены замеры их морфологических показателей и параметров замедленной флуоресценции хлорофилла листьев.

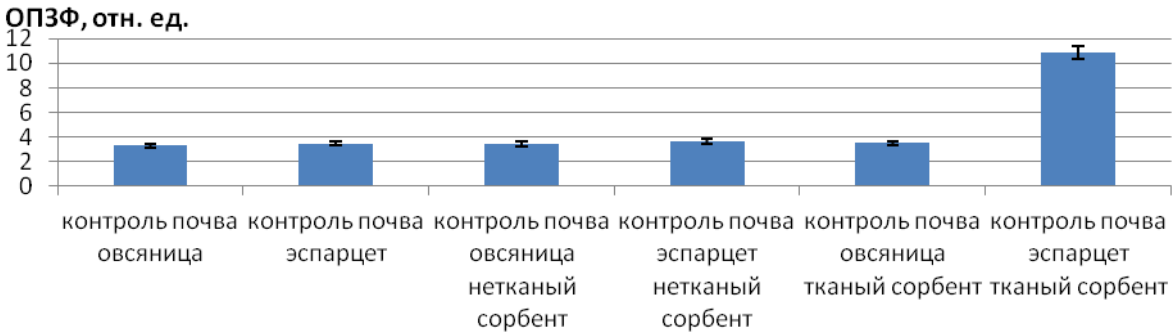
Для измерения показателей замедленной флуоресценции (ЗФ) хлорофилла использовали разработанный на кафедре экологии и природопользования СФУ флуориметр «ФОТОН 10». В качестве относительного показателя замедленной флуоресценции (ОПЗФ) было взято отношение значений интенсивности быстрой и медленной компонент затухания свечения, измеряемых на свету высокой (120 вт/м2) и низкой (10 Вт/м2) интенсивности, соответственно. Данный

параметр характеризует активность фотосинтетического аппарата и является хорошим индикатором устойчивости растений к неблагоприятным факторам (Bondareva et al., 2014).

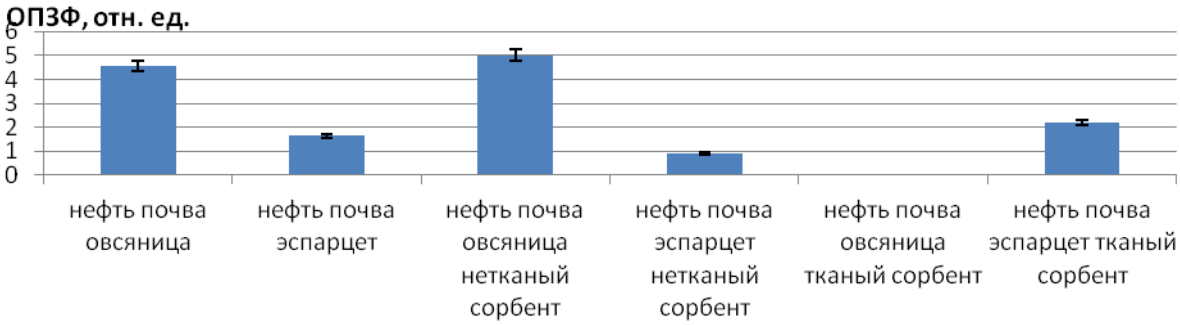
Статистический анализ данных выполнен с использованием Microsoft OfficeExcel 2007. Описание количественных признаков производилось с использованием средних арифметических и среднеквадратических (стандартных) ошибок среднего (M±m, где M – среднее, а m – ошибка среднего).

В модельном опыте ОПЗФ хлорофилла листьев овсяницы тростниковой и эспарцета песчаного на песке и грунте загрязненного нефтью, заметно отличается от контроля (рис. А, Б, В). Вероятно, овсяница, попадая в неблагоприятные условия, увеличивает скорость метаболизма для повышения устойчивости.

А



Б



В

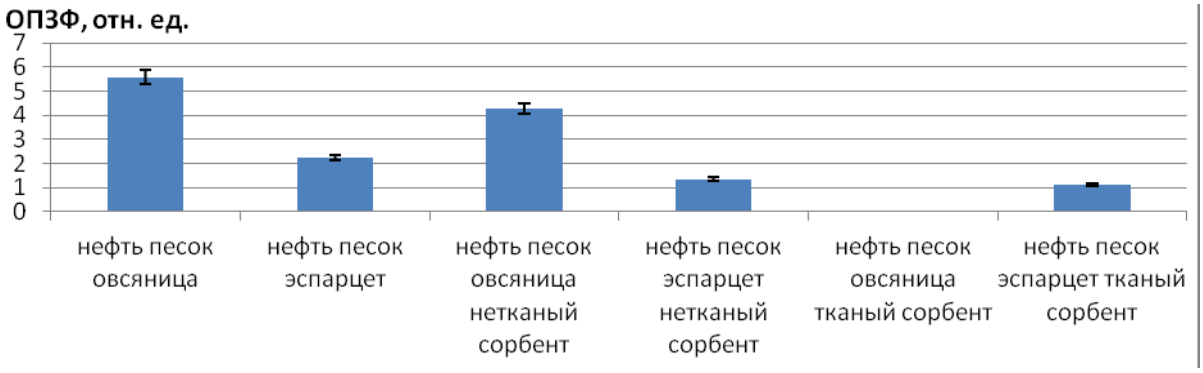


Рис. ОПЗФ хлорофилла листьев исследуемых растений
А – в контроле, Б – на загрязненной нефтью почве,
В – на загрязненном нефтью песке

При внесении в загрязненную почву микроорганизмов (нефтедеструкторов), всхожесть и масса растений значительно увеличились. Внесение сорбентов позволило повысить порог нефтяного загрязнения, при котором могут применяться растения в биоремедиации. Нужно отметить, что лучшие результаты получены при использовании нетканого сорбента, который не мешает развитию корневой системы растений.

Всхожесть растений на почве интенсивнее, чем на песке, вследствие большей сорбционной способности почвы.

Таблица 1

Всхожесть, масса и длина растений (в почвогрунте)

	Грунт+нефть			Грунт+неткан+нефть			Грунт+ткан+нефть		
	Всхожесть, шт	Масса, гр	Длина, см	Всхожесть, шт	Масса, гр	Длина, см	Всхожесть, шт	Масса, гр	Длина, см
Эспарпарцет	9	0,83	10	22	1,63	10	6	0,17	2
Овсяница	2	0,75	7	2	0,57	3	–	–	–

Снижение всхожести семян было отмечено у овсяницы тростниковой. Высокий показатель всхожести эспарцета песчаного на почве отмечается его устойчивостью к неблагоприятным условиям. Меньшая биомасса отмечена у овсяницы тростниковой, этот вид оказался более чувствительным к загрязнению нефтью и нефтепродуктами, а больший прирост биомассы – у эспарцета песчаного.

Таблица 2

Всхожесть, масса и длина растений (в песке)

Вид	Песок+нефть			Песок+неткан+нефть			Песок+ткан+нефть		
	Всхожесть, шт	Масса, г	Длина см	Всхожесть, шт	Масса, г	Длина, см	Всхожесть, шт	Масса, г	Длина, см
Эспарцет	3	0,37	1	16	1,2	10	10	0,46	9
Овсяница	2	0,54	3	1	0,1	4	-	-	-

По результатам проделанной работы можно заключить, что более устойчивым видом к загрязнению почв нефтью, как по показателям замедленной флуоресценции, так и по морфологическим параметрам, является эспарцет песчаный. При использовании совместно с растениями и микроорганизмами лучшие результаты в снижении нефтяного загрязнения получены для нетканого сорбента Униполимер-Био.

Литература

Bondareva L., Assessment of the Bioavailability of Cu, Pb and Zn Through Petunia Axillaris in Contaminated Soils / L. Bondareva, N. Pakharkova, A. Shubin, I. Svoboda, R. Teisserenc, T. Le Dantec, L. Renon // International Journal of Ecology. 2014. T. 2014. C. 378–642.

Мельников М. В. Актуальные проблемы авиации и космонавтики / М. В. Мельников, К. В. Терещенко, Н. А. Неделин, М. В. Чижевская, В. А. Миронова, Н. В. Фомина // Биоремедиация почв после загрязнения нефтепродуктами. 2012. Т. 1. № 8. С. 238–239.

Пахарькова Н. В., Бондарева Л. Г., Калякина О. П. Флуоресцентная диагностика состояния растений при разливах нефти и нефтепродуктов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. № 10. С. 11-16.

Пахарькова Н. В., Прудникова С. В., Гекк А. С., Ларькова А. Н., Коростелева Н. С. Оптимизация выбора растений для биоремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами в условиях Южной Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 8. С. 28–33.

Петухова Г. А., Ануфриева В. В., Самсонова Н. А. Особенности морфофизиологического развития растений в условиях нефтяного загрязнения среды // Тезисы докл. II междунар. конф. по анатомии и морфологии растений. СПб.: БИН РАН, 2002. С. 306.

Хабибуллин Р. А., Коваленко М. В. Состояние исследований по оценке и ликвидации последствий загрязнения почвы нефтью по фитотоксичности// Рекультивация земель в СССР: Тез. докл. Всес. конф. М., 1982. Т. 2. С. 149–152.

МОДИФИКАЦИЯ ДЕЙСТВИЯ АЛЮМИНИЯ НА СИНТЕЗ ЛИСТОВЫХ ПИГМЕНТОВ ПШЕНИЦЫ ПОГОДНЫМИ УСЛОВИЯМИ

О. С. Амунова
НИИСХ Северо-Востока, edaphic@mail.ru

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum L.*) является одной из основных продовольственных и фуражных культур мира, под посевами которой занято 216 млн. га. В России основными регионами возделывания яровой пшеницы являются Поволжье, Западная и Восточная Сибирь, Урал. Хотя пшеница и не является ведущей зерновой культурой Кировской области, но в связи с глобальными изменениями климата наметилась устойчивая тенденция ее продвижения на север Европейской России. Поэтому задача изучения приспособленности культуры к росту на дерново-подзолистых кислых почвах является особенно актуальной. В условиях Волго-Вятского региона повышенная кислотность почвы сочетается с присутствием в ней подвижных ионов алюминия (Шихова, Лисицын, 2014). Алюминий препятствует активному поглощению фосфора, конкурирует с кальцием, ингибирует деление и удлинение клеток поглощающих органов. При этом уменьшается размер корневой системы, снижается ее способность поглощать влагу и питательные вещества. Недостаток питательных веществ прямо или косвенно влияет на фотосинтез (Баталова, 2013). Важнейшим фактором, определяющим интенсивность фотосинтеза, является содержание хлорофилла. От его количества и эффективности работы зависит общая биологическая продуктивность растений (Кутузова, Баталова, 2014; Паршина, 1983). Кроме того, изменения содержания хлорофилла может быть частью адаптивного ответа растений (Morales et al., 2002) на стрессовое воздействие.

Целью исследования является оценка степени влияния ионов алюминия на структуру пигментного комплекса листьев различных сортов яровой мягкой пшеницы в разные фазы их вегетационного периода.

Исследования проводили на опытном поле НИИСХ Северо-Востока в 2014–2015 гг. Почвенный фон имел pH 4,5 и содержал 0,4–1,0 мг Al/100 г почвы. Посев проводили по чистому пару в оптимальные сроки. Делянки площадью 1 м^2 располагали систематическим методом в одну полосу. Опыт заложен в трех повторностях. Объекты исследования – сорта яровой мягкой пшеницы, имеющие различную степень алюмоустойчивости (Лисицын, Амунова, 2014): устойчивые – Тулайковская 105, Магистральная 1, Дуэт Черноземья; умеренно устойчивые – Бирюса, Свеча, Ольга, Омская 39, Кинельская отрада, Башкирская 28; умеренно чувствительные – Эстивум 155.

Оценку состояния фотосинтетического аппарата в листьях осуществляли после проведения фотометрического анализа вытяжек листьев на спектрофотометре SHIMADZU UVmini-1240 (Japan). Выделение пигментов (хлорофиллов *a* и *b* – *Chl a, Chl b*, каротиноидов – *Car*) и расчет их содержания проводили по методике H.K. Lichtenthaler, C. Bushmann (2001). В качестве экстрагента применяли 100% ацетон.

Результаты оценки степени влияния эдафического стресса на фотосинтетический аппарат растений представлены в таблице.

Таблица

Содержание пигментов во флаговых листьях растений яровой мягкой пшеницы по фазам вегетации, мг/г сухой массы

Фаза вегетации	Пигменты	Год изуч	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кущение	*Chl a*	2014	9,38	-	8,67	7,74	9,08	8,38	7,87	6,66	9,3	9,45
		2015	13,9	12,4	12,7	11,3	12,2	12,1	11,0	11,0	10,9	12,2
	Chl b	2014	2,64	-	2,28	2,05	2,8	2,11	2,2	1,56	3,0	3,24
		2015	6,86	6,15	6,3	6,06	6,42	6,5	5,99	5,92	5,98	6,75
	Car	2014	2,98	-	3,54	3,11	3,04	3,19	3,05	2,74	3,18	3,2
		2015	3,25	2,8	2,99	2,77	2,84	2,71	2,64	2,65	2,66	2,57
Выход в трубку	*Chl a*	2014	11,5	8,54	8,99	9,0	7,98	10,5	8,41	9,77	9,52	8,57
		2015	7,67	7,25	4,36	5,61	6,12	6,73	5,11	5,69	7,05	6,55
	Chl b	2014	5,24	2,94	2,79	3,53	2,69	4,29	3,05	3,91	3,67	3,38
		2015	4,0	3,85	1,94	2,58	2,73	3,43	2,5	2,62	3,89	3,5
	Car	2014	3,27	3,07	3,28	3,0	3,0	3,26	2,89	3,09	3,17	2,91
		2015	1,84	1,74	1,29	1,44	1,65	1,57	1,36	1,47	1,62	1,54
Цветение	*Chl a*	2014	12,7	12,5	11,3	13,7	12,4	12,0	12,9	12,8	13,1	13,0
		2015	11,5	9,68	10,8	10,3	8,9	10,5	9,07	10,7	9,89	10,5
	Chl b	2014	6,34	5,83	5,21	6,98	6,35	5,84	6,12	6,25	6,77	5,97
		2015	6,81	4,57	5,75	6,08	5,21	6,37	4,86	6,45	6,36	6,06
	Car	2014	3,24	3,18	2,89	3,43	3,01	3,19	3,39	3,18	3,2	3,37
		2015	2,68	2,82	2,77	2,47	2,25	2,58	2,49	2,55	2,32	2,57

Примечание. *Сорта пшеницы 1 – Тулайковская 105; 2 – Свеча; 3 – Бирюса; 4 – Омская 39; 5 – Ольга; 6 – Башкирская 28; 7 – Эстивум 155; 8 – Кинельская Отрада; 9 – Магистральная 1; 10 – Дуэт Черноземья.

Как следует из данных таблицы, выделяются две различные картины ответных реакций растений на действие эдафического стрессора. В целом, за пе-

риод вегетации 2014 г. содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях растений всех изученных сортов пшеницы постепенно увеличивалось. Исключением стали умеренно устойчивые сорта Бирюса, Ольга и Башкирская 28. При увеличении доли хлорофиллов *а* и *в* в фазы кущение – цветение в листьях растений сортов Ольга и Башкирская 28 содержание каротиноидов оставалось неизменным, а у сорта Бирюса – снизилось на 18,5%.

В 2015 г. наблюдается другая тенденция. Все сорта, независимо от их потенциальной алюмоустойчивости, имеют максимальные показатели содержания пигментов в листьях в фазу кущения. Они значительно превышают показатели за аналогичный период 2014 г. В период трубкования масса изучаемых пигментов в 1 г сухого вещества у всех сортов резко снижается. У растений сортов Бирюса, Омская 39 и Эстивум 155, например, содержание хлорофиллов *а* и *в* снижается более, чем в два раза. В листьях растений сорта Бирюса в фазу трубкования количество каротиноидов снизилость почти на 57%. К фазе цветения количество пигментов в листьях всех изучаемых сортов пшеницы возрастает, но их содержание несколько ниже значений, отмеченных в начале вегетационного периода.

Важно отметить, что алюмоустойчивые сорта – Тулайковская 105, Магистральная 1 и Дуэт Черноземья, находясь в условиях эдафического стресса, выделяются среди изученных образцов повышенным содержанием пигментов в листьях на протяжении всего периода вегетации.

Чтобы объяснить различия в реакции пигментного комплекса сортов яровой мягкой пшеницы на повышенное содержание в почве ионов алюминия в разные годы изучения, были проанализированы погодные условия в г. Кирове по декадам, соответствующим прохождению определенных фаз вегетации. Так как синтез пигментов в листьях начинается еще до кущения, нами были изучены погодные условия, сопровождавшие этот процесс в период всходы – кущение. Данные представлены на рисунке 1, 2.

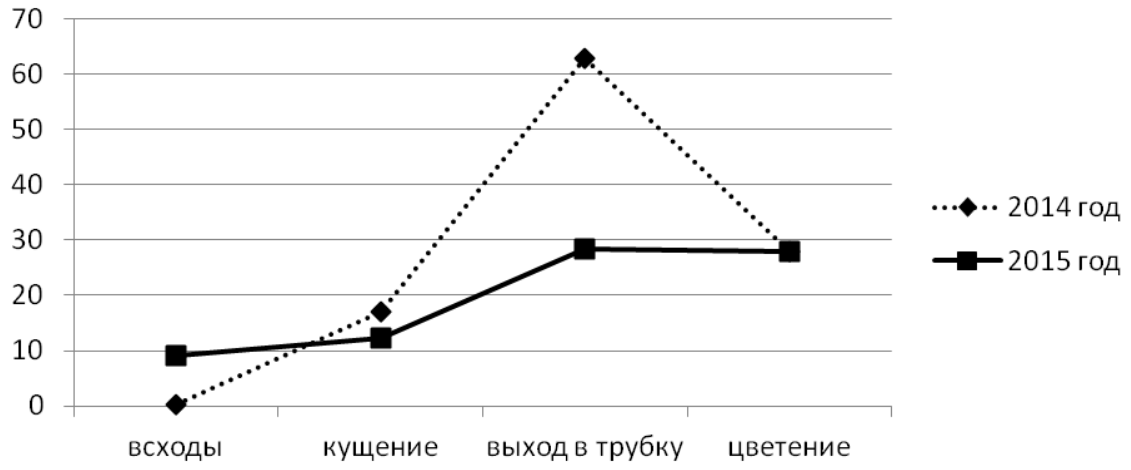


Рис. 1. Количество осадков (мм) в периоды всходы – цветение

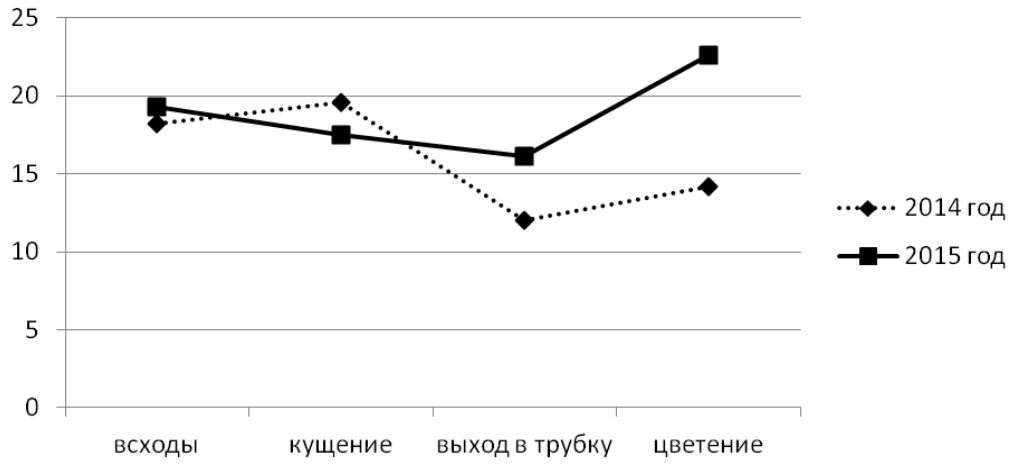


Рис. 2. Температура воздуха (^{0}C) в фазы всходы – цветение

Погодные условия вегетационных периодов 2014 и 2015 гг. сильно отличались. Условия 2014 года в начале вегетации можно охарактеризовать как исключительно жесткие по распределению осадков. В период от всходов до кущения выпало всего 4,3 мм осадков. В аналогичный период 2015 года этот показатель был значительно выше – 25,5 мм, а воздух – теплее более чем на градус. Можно предположить, что эти условия оказались благоприятными для синтеза значительно большего по сравнению с предыдущим годом количества пигментов в листьях на начальных этапах их развития. Повышение количества осадков в периоды кущение – цветение в 2014 г. способствовало синтезу пигментов, количество которых росло от фазы к фазе. Причины резкого снижения содержания хлорофиллов и каротиноидов в фазу выхода в трубку в 2015 г. объяснить сложнее. Скорее всего, это чисто технические причины – расчет проводился на единицу сухой массы, а так как осадков в этот период 2015 г. выпало вдвое меньше, чем в 2014 г. при более высокой температуре воздуха, содержание сухого вещества в листьях было заметно выше.

Исследования, проведенные с различными по алюмоустойчивости сортами яровой мягкой пшеницы в контрастные по уровню увлажнения годы, показали, что погодные условия формируют общую для культуры тенденцию развития фотосинтетического аппарата листьев растений. Влияние эдафического стрессора ослабевает при увлажнении почвы осадками – это приводит к увеличению производства пигментов в листьях. Наблюдается тесная связь реакции пигментного комплекса листьев с реакцией корней на действие ионов алюминия. Так, для алюмоустойчивых сортов Тулайковская 105, Магистральная 1 и Дуэт Черноземья характерно высокое содержание фотосинтетических пигментов в фазы кущение – цветение.

Литература

Баталова Г. А. Овёс в Волго-Вятском регионе. Киров, 2013. 288 с.

Кутузова Е. С., Баталова Г. А. К вопросу о возможности использования овса для диагностики агротехногенных факторов // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием 2–3 декабря 2014. Кн. 1. Киров, 2014. С. 127–129.

Лисицын Е. М., Амунова О. С. Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы по алюмоустойчивости // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. № 3. С. 497–505.

Паршина З. С., Паршина Г. Н. Пигменты и фотохимическая активность хлоропластов озимой пшеницы. Алма-Ата: Наука, 1983. 140 с.

Шихова Л. Н., Лисицын Е. М. Сезонная динамика кислотности естественной и мелиорированной дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2014. № 6 (81). С. 40–41.

Lichtenthaler H. K., Bushmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy // Current Protocols in Food Analytical Chemistry. 2001. F4.3.1–F4.3.8.

Morales F., Abadia A., Abadía J., Montserrat G., Gil-Pelegrín E. Trichomes and photosynthetic pigment composition changes: responses of *Quercus ilex* subsp. *Ballota* (Desf.) Samp. and *Quercus coccifera* L. to Mediterranean stress conditions // Trees. 2002. V. 16. P. 504–510.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА *a* В ЛИСТЬЯХ СТЕПНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

К. А. Царегородцева, Е. М. Волкова
Тульский государственный университет,
volha-karina@yandex.ru, convallaria@mail.ru

Естественная степная растительность в Тульском регионе в настоящее время встречается только в южных районах области и занимает преимущественно склоны с выходами щебнистых известняков. Значительная часть степей подвергается сильной антропогенной нагрузке – распашке земель, формированию сельскохозяйственных угодий, что приводит к деградации естественных ландшафтов. В соответствии с этим, изменяются условия для существования растений, что приводит к исчезновению как типичных, так и редких степных видов. Для сохранения степной растительности музеем-заповедником «Куликово поле» ведутся работы по восстановлению степных ландшафтов.

Эффективное воссоздание степных участков зависит не только от оперативного вмешательства людей в процесс их естественного формирования, но и понимания процессов роста и развития растений в естественных и искусственных местообитаниях. Физиология конкретных видов растений недостаточно изучена в Тульской области, поэтому целью работы было изучение сезонной динамики содержания фотосинтетического пигмента хлорофилла *a*.

В качестве объектов исследования выбраны степные виды растений: *Stipa pennata, Linum flavum, Adonis vernalis, Echinops ruthenicus, Salvia pratensis и Onobrychis arenaria.* Определение содержания пигмента проводилось у растений, произрастающих как на естественных (ООПТ «Татинки» и «Нижний Дубик» (Красная книга.., 2007), так и на искусственно созданных степных участках (посевы «агростепей» разного возраста и методики высева, коллекционный участок с «чистыми» посевами степных видов) (Волкова, Бурова, 2010). Работа проводилась в течение вегетационного периода – с мая по август 2015 г. Измерение содержания хлорофилла *a* проводили в спиртовой вытяжке на СФ-104, расчёты проводили по общепринятым формулам (Lichtenthaler, 1987).

Результаты проведенных исследований показали, что максимальное накопление хлорофилла у степных растений в течение вегетационного сезона приходится на июнь (рис. 1). Наиболее высокое содержание хлорофилла а в июне наблюдается у *Onobrychis arenaria* и составляет 8,17 мг/л (рис. 1).

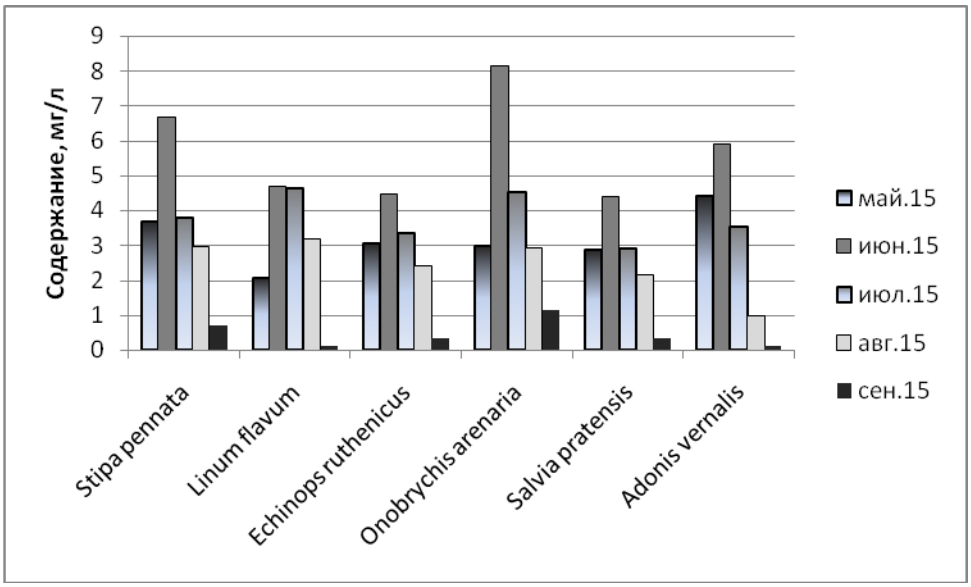


Рис. 1. Сезонная динамика содержания хлорофилла а
в листьях степных видов растений

Сезонная динамика хлорофилла коррелирует с изменением морфологических показателей изучаемых видов (в частности, высоты растения). Полученные результаты свидетельствуют о наиболее интенсивном росте степных растений в период май – июнь (рис. 2).

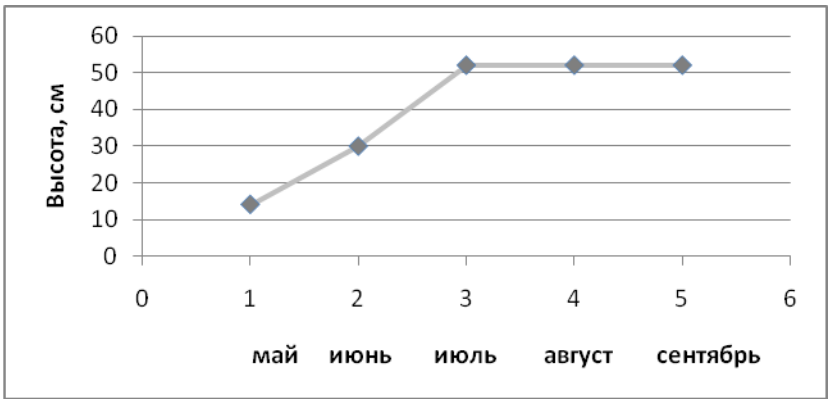


Рис. 2. Динамика высоты особей *Onobrychis arenaria*
в течение вегетационного сезона

Анализ содержания хлорофилла у эспарцета, произрастающего в разных условиях, естественных степных участках и искусственных посадках – показал, что наиболее высокое содержание пигмента характерно для растений, произрастающих в «агростепях» на экспериментальных полях музея-заповедника «Куликово поле». Это свидетельствует о том, что в таких искусственных сообществах сформированы благоприятные условия для произрастания степных

растений. Следует отметить, что некоторые виды (*Adonis vernalis*, *Salvia pratensis*) характеризуются максимальными значениями морфологических и физиологических показателей исключительно в естественных условиях, на каменистых известняковых склонах. В условиях восстанавливаемых степей данные виды плохо возобновляются. Это существенно ограничивает их включение в состав травосмесей при формировании искусственных степных ландшафтов.

Проведенные исследования сезонной динамики содержания хлорофилла-*а* позволяют констатировать, что наиболее интенсивный синтез пигмента и коррелирующий с этим рост растений характерны для периода май-июнь. В июле скорость ростовых процессов снижается, что сопровождается снижением содержания хлорофилла. К концу вегетационного сезона происходит постепенное разрушение хлорофилла в листьях и его содержание уменьшается.

Литература

Волкова Е. М., Бурова О. В. Естественные степные сообщества Куликова поля (Тульская область) и пути их восстановления // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны: Сб. науч. ст. / Под ред. О. В. Буровой, Е. М. Волковой, О. В. Швец. Тула, 2010. С. 24–32.

Красная книга: особо охраняемые природные территории Тульской области. Тула: Гриф и К. 2010. 316 с.

Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes // J. Met. Enzym. 1987. Vol. 148. P. 350–382.

КЛИМАТИЧЕСКИЙ ФАКТОР КАК ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПЛОДОВ *VACCINIUM VITIS – IDAEA* L.

Н. Ю. Егорова, В. Н. Сулейманова
ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, n_chirkova@mail.ru

Брусника (*Vaccinium vitis – idaea* L.) – ценное ягодное и лекарственное растение. Обладая высокими пищевыми свойствами и способностью к длительному хранению, плоды имеют широкую популярность и заготавливаются в значительных количествах. Однако, как уже неоднократно отмечалось многими исследователями, влияние различных факторов на урожайность V. vitis-idaea весьма многогранно. Довольно подробно изучена зависимость урожайности ягодников от таких факторов, как структура древостоя, влияние фитогенных полей деревьев, лесорастительные условия, географическая зона, почвенно-гидрологические условия, интенсивность опыления, антропогенное воздействие (Колупаева, 1985; Мянни, 1990; Будрюнене, Даубарус, 1990; Ключников, Ключникова, 1998; Нечаев, 2006). Причиной неурожая V. vitis-idaea могут быть насекомые вредители и грибы-паразиты (Пааль, 1983). Как известно, формирование урожая V. vitis-idaea происходит в течение двух вегетационных периодов, поэтому немаловажное значение для плодоношения имеет сочетание температуры воздуха и количества осадков этих периодов (Абашкин, 1964; Торопова, Черкасов, 1973), для наступления каждой фенофазы – определенная сумма эф-

фективных температур (Чиркова и др., 2009). В связи с высокой степенью изменчивости урожая плодов *V. vitis-idaea*, комплексное изучение параметров продуктивности вида представляется весьма актуальным.

Мониторинг урожайности плодов данного вида проводится сотрудниками отдела экологии и ресурсоведения растений ФГБНУ ВНИИОЗ с 1964 г. в лесных фитоценозах подзоны южной тайги Кировской области посредством определения урожайности ягод на учетных площадках методом непосредственного взвешивания.

В целом урожайность плодов *V. vitis – idaea* сильно отличается как в разных местообитаниях, так и по годам. Максимальные показатели продуктивности зафиксированы в 1968 г. Этот год характеризовался самым высоким среднегодовым показателем количества осадков – 830 мм, а также умеренной влагообеспеченностью в период бутонизации и цветения брусники и повышенной – в период формирования и созревания плодов (июль – август) – 339 мм. Кроме того, в этом году период бутонизации и цветения отличался положительными среднесуточными температурами воздуха, что способствовало сохранению большого числа сформировавшихся завязей и достаточно высокому проценту плодоцветения. Минимальные значения урожайности плодов за рассматриваемый период были отмечены в 1975 и 2007 гг. Для этих лет свойственны высокие температуры воздуха в период бутонизации и цветения, небольшое количество осадков: май – 21 мм в 1975 г., 67 мм – в 2007 г., июнь – 46 мм в 1975 г, 16 мм – в 2007 г. Все это вызвало значительный опад цветков и, как следствие, низкий уровень плодоцветения. Отмечены годы (2010 г.) почти полного отсутствия завязавшихся плодов, что было вызвано крайне неблагоприятными для вида климатическими условиями весенне-летнего периода, связанными с отрицательными температурами в начале цветения, приведшими к повреждению и гибели большого количества завязей.

Для возможности более детального анализа взаимосвязей между количеством урожая и погодой, были рассмотрены погодные характеристики вегетационных сезонов за более чем полувековой период наблюдений и выявлена положительная корреляционная связь между количеством осадков в период бутонизации, цветения и плодоношения и урожайностью плодов *V. vitis – idaea* (рис. 1, 2).

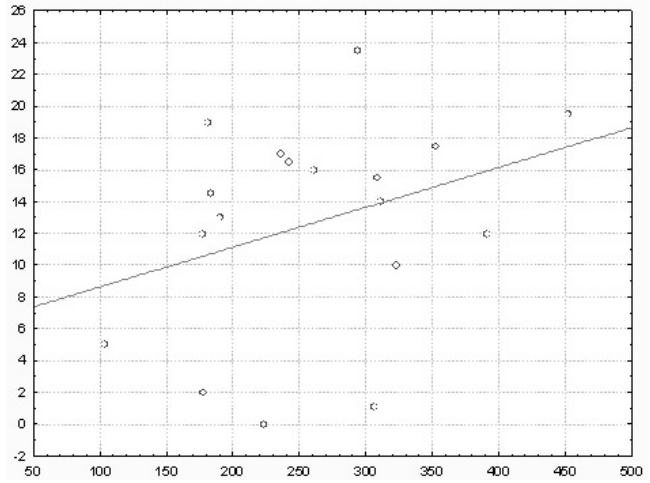


Рис. 1. Зависимость между количеством осадков в период бутонизации, цветения и плодоношения и урожайностью ягод *Vacciniumvitis – idaea* L. на вырубке из-под сосняка бруснично-зеленомошного.
По оси ординат – количество осадков в период бутонизации, цветения и плодоношения, мм; по оси абсцисс – урожайность плодов, г/м^2

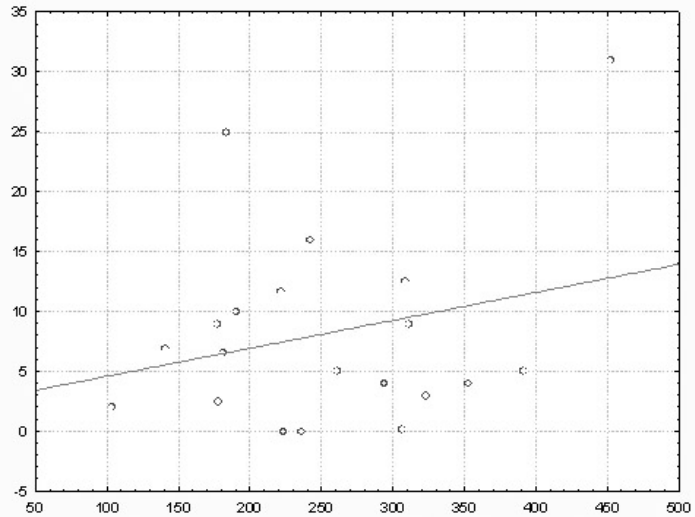


Рис. 2. Зависимость между количеством осадков в период бутонизации, цветения и плодоношения и урожайностью ягод *Vaccinium vitis – idaea* L. в сосняке бруснично-зеленомошном.
По оси ординат – количество осадков в период бутонизации, цветения и плодоношения, мм; по оси абсцисс – урожайность плодов, г/м^2

Таким образом, проведенный анализ еще раз подтвердил весомый вклад климатического фактора в формирование урожайности плодов *V. vitis – idaea*в лесных фитоценозах подзоны южной тайги Кировской области.

Литература

Абашкин С. А. Брусника в Барабе // География плодоношения лесных древесных пород, кустарников и ягодников. М.: Изд-во МОИП, 1964. С. 112–113.

Будрюнене Д. К., Даубарас Р. В. Научное обоснование системы лесохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение и повышение урожайности лесных ягодников // Брусничные в СССР. Новосибирск, 1990. С. 39–46.

Ключников И. Л., Ключникова Ю. Е. Рост и плодоношение брусники на различных возрастных этапах сосновых насаждений и роль рубок древостоя в формировании промысловых ягодных угодий // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов. М., 1998. С. 75—79.

Колупаева К. Г. Динамика продуктивности брусники в трансформированных угодьях тайги // Охрана и рациональное использование генофонда древесных пород и недревесной растительности леса. Каунас-Гирионис. 1985. С. 27–28.

Мянни Р. Р. Анализ плодоношения брусники (*Vaccinium vitis-idaea*L.) в Эстонии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тарту, 1990. 22 с.

Нечаев А. А. Брусничники Хабаровского края (природные особенности развития, продуктивность, рациональное освоение): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2006. 26 с.

Пааль Т. В. Анализ структуры и продуктивности ценопопуляций брусники в сосняках заповедника «Кивач»: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тарту, 1983. 22 с.

Торопова М. И., Черкасов А. Ф. Динамика развития генеративных почек у некоторых видов семейства брусничных в условиях Костромской области // Материалы по изучению растительных ресурсов Костромской области. Кострома, 1973. С. 22–44.

Чиркова Н. Ю., Егошина Т. Л., Колупаева К. Г. Некоторые особенности фенологии и урожайность *Vaccinium vitis-idaea* (Ericaceae) в южнотаежной подзоне Кировской области // Растительные ресурсы, 2009. Вып. 1. С. 12–21.

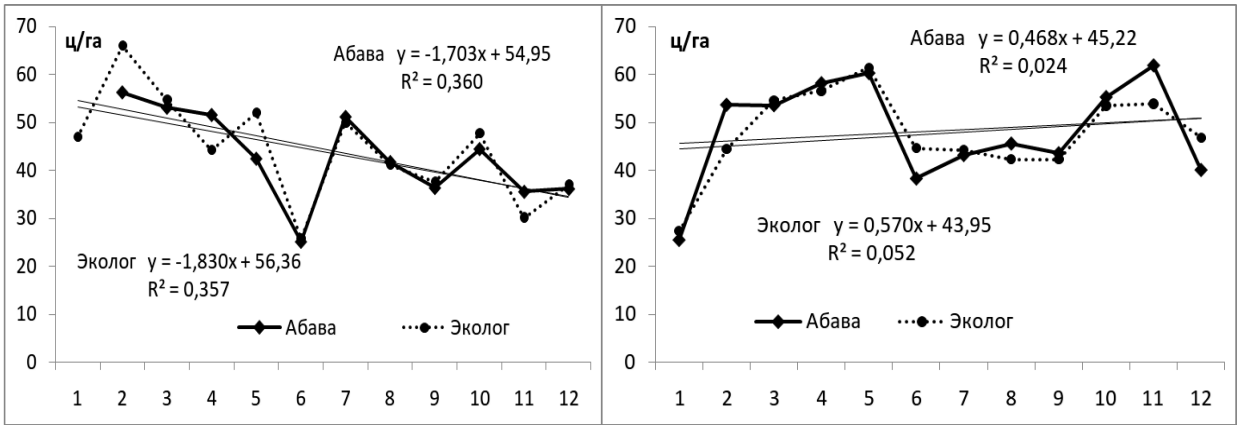
ИЗМЕНЕНИЯ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ ЯЧМЕНЯ

К. С. Сподина [1], Е. М. Лисицын [1, 2]
[1] Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
[2] НИИСХ Северо-Востока, edaphic@mail.ru

Одной из важнейших задач, стоящих перед агрометеорологией, является предсказание изменений продукционного процесса растений в зависимости от погодных условий в конкретной климатической зоне. Выбор наиболее существенных факторов, количественное описание их связи с урожаем сделает анализ процессов, протекающих в агрофитоценозах, успешным и практически значимым. Однако в настоящее время нет единого подхода к проведению подобных аналитических работ. Так, некоторые авторы используют данные, усредненные либо для всей страны, либо для отдельных ее областей (Павлова, 2009; Харламова, Силантьева, 2011), обобщая урожайные данные по отдельным видам растений или даже их группам – кормовые, зерновые, или овощные. Другие авторы, чей подход нам кажется более логичным и обоснованным, учитывают изменение хозяйственно-ценных признаков конкретных сортов растений за длительный период наблюдений. Так, в работе (Сеферова и др., 2011) исследованы изменения значений хозяйственно ценных признаков сои сорта Комсомолка за 36 лет наблюдений в условиях Краснодарского края на Кубанской опытной станции ВИР. Авторский коллектив из Всероссийского института растениеводства (Новикова и др. 2012) провели многолетние наблюдения за несколькими сортами овса и яровой пшеницы в четырех зонах с контрастными климатическими условиями. При этом авторы, предлагая использовать статистические методы корреляционно-регрессионных анализов, указывают на возможность искажения их результатов в связи с существующими агротехническими трендами. Мы, в своей работе, предлагаем обратить внимание на влияние выбора конкретного сорта сельскохозяйственной культуры на получаемые результаты регрессионного анализа и выводы, которые можно из них сделать.

Яровой ячмень является одной из основных зерновых культур, возделываемых в Кировской области, здесь же располагается один из крупнейших в России селекцентров по зерновым культурам (Лисицын и др., 2012). В работе использованы данные по урожайности двух сортов ячменя (*Hordeum vulgare* L.) Абава и Эколог на четырех госсортоучастках Кировской области, расположенных в разных агроклиматических районах, за 2002–2013 гг. Тренды в динамике погодно-климатических параметров и показателей урожайности овса расчитывали с использованием табличного калькулятора Microsoft Office Excel 2007, уравнения множественной регрессии рассчитывали в программе StatSoft Statistica 10.

В качестве примера полученных графиков, на рисунке приведены данные по урожайности изученных сортов на Советском и Яранском сортоучастках.



а) Советский сортоучасток б) Яранский сортоучасток

Рис. Динамика урожайности сортов ячменя на Советском и Яранском сортоучастках Кировской области за 2002–2013 гг.

На рисунке также показаны линейные тренды урожайности и уравнения этих трендов для каждого из сортов. Из этого графика можно сделать два важных методических вывода. Во-первых, видно что линейные тренды могут не совпадать по направлению в разных районах области: если растения ярового ячменя в условиях Советского сортоучастка достаточно резко снижают урожайность, то в условиях Яранского сортоучастка эти же два сорта показывают постепенное увеличение урожайности. На Слободском сортоучастке также прослеживается тенденция снижения урожайности ярового ячменя, а вот на Зуевском снижение показывает только сорт Абава. Другими словами, в зависимости от того, какой сорт и на каком сортоучастке мы возьмем в анализ, мы можем говорить либо о повышении урожайности в связи с изменением климата, либо об ее снижении, либо об отсутствии такового влияния. Это наблюдение не согласуется с выводами (Новикова и др., 2012) о том, что у синхронно наблюдаемых культур и сортов проявляется сходная реакция на изменение погодно-климатических условий. Соответственно, данные, полученные нами, позволяют усомниться в правильности суммарного рассмотрения отдельных культур или групп культур для оценки влияния изменения климата на урожайность растений.

Во-вторых, приведенные уравнения линейного тренда изменения урожайности имеют достаточно низкие коэффициенты детерминации – в лучшем случае они объясняют около 36% варьирования конечного показателя. Заметим здесь же, что и для таких показателей, как температура воздуха по месяцам вегетации, количество осадков, линейные тренды изменения за период 2002–2013 гг. на всех четырех сортоучастках имели низкие коэффициенты детерминации (до 40%). Другими словами, динамика изменения температуры воздуха и количества выпавших осадков далека от линейной аппроксимации.

Чтобы выяснить характер связи между температурой вегетационного периода, количеством выпавших осадков и урожайностью растений ярового ячменя необходимо воспользоваться методом множественной регрессии и проанализировать полученные уравнения (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Коэффициенты при членах уравнения множественной регрессии урожайности на температуру воздуха и количество осадков для ячменя сорта Абава по госсортоучасткам Кировской области, 2002–2013 гг.

Месяц	Зуевка	Слободской	Советск	Яранск
Температура воздуха				
Май	29,792	1,350	9,448	5,552
Июнь	13,444	0,128	1,166	1,562
Июль	-46,310	0,471	5,318	-0,563
Август	-44,092	-5,167	-38,105	-6,005
Сентябрь	-97,458	0,668	-16,533	-0,197
Осадки				
Май	-6,601	0,753	1,737	-0,554
Июнь	-0,286	0,399	0,259	0,196
Июль	3,048	0,194	-0,862	0,186
Август	2,074	-0,041	-0,003	0,250
Сентябрь	1,175	0,145	0,273	-0,029

Таблица 2

Коэффициенты при членах уравнения множественной регрессии урожайности на температуру воздуха и количество осадков для ячменя сорта Эколог по госсортоучасткам Кировской области, 2002–2013 гг.

Месяц	Зуевка	Слободской	Советск	Яранск
Температура воздуха				
Май	25,286	1,253	-3,098	2,392
Июнь	11,381	-3,639	-10,676	3,346
Июль	-36,428	-0,573	-2,432	-2,862
Август	-36,358	-2,466	4,327	-0,917
Сентябрь	-80,075	5,458	5,267	-1,303
Осадки				
Май	-5,301	0,576	-1,174	-0,500
Июнь	-0,252	0,271	-0,601	0,198
Июль	2,537	-0,076	0,166	0,098
Август	1,619	-0,010	0,270	0,073
Сентябрь	0,938	0,381	0,076	0,048

Как видно из приведенных данных, в целом температура воздуха оказывает намного большее влияние на конечный результат, чем количество выпавших осадков. В то же время оба погодных параметра иногда оказывают противоположное влияние на урожайность разных сортов. Так, на Слободском сортоучастке повышение температуры воздуха в июне и июле приводит к повышению урожайности сорта Абава и, напротив, снижает урожайность сорта Эколог. Прямо противоположное действие на изученные сорта оказывают температуры воздуха за все время вегетации на Советском сортоучастке. Наиболее близки по характеру влияния на урожайность обоих сортов ярового ячменя погодные условия Зуевского сортоучастка, а на Яранском сортоучастке значи-

тельно различается сила влияния этих параметров на растения каждого из сортов ячменя.

Таким образом, проведенный анализ влияния погодно-климатических условий на урожайность ярового ячменя в 2002–2013 гг. показал, что, во-первых, температура воздуха оказывала более сильное влияние на растения, чем количество выпавших осадков. Во-вторых, линейная аппроксимация тренда изменения изучаемых параметров не является удовлетворительной и не может быть использована для прогноза. В-третьих, один и тот же сорт на разных сортоучастках может по-разному (по направлению и силе) реагировать на изменение погодных условий вегетации. В-четвертых, в одной и той же местности разные сорта одной и той же культуры могут совершенно по-разному реагировать на изменение погодных условий.

Литература

Лисицын Е. М., Баталова Г. А., Щенникова И. И. Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика. Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2012. 333 с.

Новикова Л. Ю., Дюбин В. Н., Сеферова И. В., Лоскутов И. Г., Зуев Е. В. Прогнозирование продолжительности вегетационного периода у сортов яровых зерновых культур в условиях изменения климата // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 5. С. 78–87.

Павлова В. Н. Проблема оценки влияния изменений климата на продуктивность агросферы России: методология, модели, результаты расчетов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1(7). С. 1543–1548.

Сеферова И. В., Новикова Л. Ю., Некрасов А. Ю. Оценка реакции сои сорта Комсомолка на изменения климата в Краснодарском крае // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всерос. научно-исследовательского института масличных культур. 2011. № 1. С. 72–77.

Харламова Н. Ф., Силантьева М. М. Зависимость урожайности зерновых культур в районах Кулунды от климатических факторов // Известия Алтайского государственного университета. 2011. № 3–2. С. 88–94.

ВЛИЯНИЕ ФИТОРЕГУЛЯТОРОВ НА ЗАРАЖЕННОСТЬ СЕМЯН И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Т. Л. Зыкина, А. В. Помелов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

ms.zykina.tanechka@mail.ru

Среди групп пестицидов особое внимание заслуживают регуляторы роста, обладающие полифункциональным характером действия. Фитогормоны вырабатываются в ответ на действие биотических и абиотических факторов и позволяют растениям адаптироваться к изменениям окружающей среды. Экзогенная обработка фиторегуляторами изменяет баланс фитогормонов, что проявляться в стимулирующих или ингибирующих ростовые процессы эффектах. Наибольший стимулирующий эффект регуляторы роста дают, когда растения находятся в условиях стресса, когда нарушен баланс фитогормонов, интенсивность биосинтетических процессов. Идеальным защитно-стимулирующим препаратом следует считать тот, в котором токсическое действие против вредных

организмов сочетается со стимулированием всхожести, устойчивости к другим стрессам и повышением урожая (Тютерев, 2005). Наибольшие предпочтения отдаются препаратам малотоксичным для человека и теплокровных с низкими нормами расхода, с высокой биологической активностью, высокой хозяйственной, биологической и экономической эффективностью. Именно к ним и относятся биопрепараты из хвойной древесной зелени, разработанные в Институте химии Коми НЦ УрО РАН. Широко применяется в практике сельского хозяйства России и стран СНГ регулятор роста растений Вэрва из хвои пихты (патент 2298327, RU). В Институте химии, получен так же новый биопрепарат из древесной зелени ели – Вэрва-ель. Действующим веществом данного биопрепарата являются экстрактивные компоненты древесной зелени ели – флавоноиды, которые обладают росторегулирующим, фунгицидным, бактерицидным, вирусоцидным действием.

Цель исследований – изучить фунгицидное и рострегулирующее действие препаратов Вэрва и Вэрва-ель на яровом ячмене сорта Изумруд.

В полевом опыте проводилось испытание нового регулятора роста растений Вэрва-ель (0,5 л/т и 0,5 л/га) в сравнении с препаратами Вэрва (0,5 л/т и 0,5 л/га) и химическим протравителем семян, взятым в качестве эталона, Дивиденд стар (1 л/т) 2 способами: обработки семян и опрыскивания растений. Семена ячменя сорта Изумруд урожая 2014 г. обрабатывали за один день до посева. В контрольном варианте семена увлажнялись водой из расчета 10 л/т. Посев проводился вручную. В фазу кущения растений в 5 и 6 вариантах опрыскивали препаратами Вэрва и Вэрва-ель с расходом рабочей жидкости 300 л/га. Расположение делянок с вариантами опыта систематическое в один ярус, повторность четырехкратная. Учетная площадь делянки 1 м^2.

В ходе полевого опыта проводилось определение распространенности и развития корневых гнилей, элементов структуры продуктивности по методике государственного сортоиспытания (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985; 1989).

Для изучения влияния на зараженность семян проводили фитопатологический анализ семян методом рулонов, во влажной камере. ГОСТ 12044-93.

Результаты фитоанализа показали, что семена ячменя урожая 2012, 2013 и 2014 гг. были в слабой степени заражены грибами из рода *Fusarium* (табл. 1). Зараженность семян основным возбудителем корневых гнилей-*Bipolaris sorokiniana*, в 2012 году была в средней степени (табл. 1), а в 2013 и 2014 гг. в слабой степени (табл. 1).

Таблица 1

Влияние препаратов на зараженность семян, %

Вариант	Возбудители корневых гнилей		*Alternaria spp.*	Бактерии
	Bipolaris sorokiniana	Грибы из рода *Fusarium*		
Семена урожая 2012 года				
1. Контроль (10 л/т)	56,3	6,3	6,3	3,8
2. Дивиденд стар (1 л/т)	8,8	0	0	2,5
3. Вэрва (0,5 л/т)	61,3	1,3	3,8	2,5

Вариант	Возбудители корневых гнилей		*Alternaria spp.*	Бактерии
	Bipolaris sorokiniana	Грибы из рода *Fusarium*		
4. Вэрва-ель (0,5 л/т)	55,0	1,3	2,5	1,3
Семена урожая 2013 года				
1. Контроль (10 л/т)	20,0	3,0	2,0	6,0
2. Дивиденд стар (1 л/т)	6,0	0	0,0	4,0
3. Вэрва (0,5 л/т)	12,0	0	2,0	4,0
4. Вэрва-ель (0,5 л/т)	12,0	0	2,0	4,0
Семена урожая 2014 года				
1. Контроль (10 л/т)	10,0	0	15,0	7,0
2. Дивиденд стар (1 л/т)	2,0	0	0	6,0
3. Вэрва (0,5 л/т)	5,0	0	8,0	6,0
4. Вэрва-ель (0,5 л/т)	10,0	1,0	10,0	5,0

Фиторегуляторы Вэрва и Вэрва-ель уступали по фунгицидному действию против корневых гнилей химическому протравителю Дивиденд стар, а значит их целесообразно применять при слабой зараженности семян.

Биологическая эффективность фиторегуляторов зависит от зараженности семян.

Аналогичная закономерность была выявлена нами в более ранних исследованиях при изучении других полифункциональных фиторегуляторов (Помелов, 2012).

В 2014 г. при урожайности ячменя в контроле 25,78 ц/га (табл. 2) получена достоверная прибавка зерна при опрыскивании растений препаратом Вэрва (3,3 ц/га), а так же наблюдалась тенденция к увеличению урожайности при обработке семян фиторегулятором Вэрва-ель (3,05 ц/га).

В 2015 г. наибольший хозяйственный эффект получен при обработке семян химическим протравителем Дивиденд стар (табл. 2), а из биологических препаратов наибольшую прибавку обеспечил препарат Вэрва-ель при обработке семян. Увеличение урожайности происходило в основном за счет повышения продуктивной кустистости на 29 и 16,7% соответственно.

Таблица 2

Влияние фиторегуляторов на урожайность ячменя (2014–2015 гг.)

Вариант	2014 г.		2015 г.	
	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности ц/га
1. Контроль, обработка семян водой (10 л/т)	25,78	-	26,95	–
2. Дивиденд стар, КС (1 л/т), обработка семян	28,13	2,35	36,03	9,08
3. Вэрва, ВР (0,5 л/т), обработка семян	26,40	0,62	30,25	3,30
4. Вэрва-ель, ВР (0,5 л/т), обработка семян	28,83	3,05	33,13	6,18
5. Вэрва, ВР (0,5 л/т),	29,08	3,30	30,93	3,98

Вариант	2014 г.		2015 г.	
	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности ц/га	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности ц/га
опрыскивание растений в фазу кущения				
6. Вэрва-ель, ВР (0,5 л/т) опрыскивание растений в фазу кущения	26,13	0,35	31,28	4,33
$НСР_{05}$		3,25		7,45

Таким образом, проведенные исследования показали, что фиторегуляторы Вэрва и Вэрва-ель по фунгицидному действию уступали химическому протравителю Дивиденд стар.

Достоверная прибавка урожайности получена в 2014 г. при опрыскивании растений фиторегулятором Вэрва. В 2014–2015 гг. наблюдалась тенденция к увеличению урожайности при обработке семян новым препаратом Вэрва-ель. Увеличение урожайности происходило в основном за счет повышения продуктивной кустистости.

Литература

ГОСТ 12044-93 Методы определения зараженности болезнями (Семена сельскохозяйственных культур).

Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под общей ред. М. А. Федина. М., 1985. 269 с.

Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. // Зерновые культуры. М., 1989. 239 с.

Помелов А. В., Дудин Г. П., Мохнаткин В. Г. Защитное и мутагенное действие фиторегуляторов на ячмене // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 1. С. 92–96.

Регулятор роста растений с фунгицидным действием «Вэрва» Авторы патента: Скрипова Н. Н., Кучин А. В., Хуршкайнен Т. В., Кучин В. А. Номер патента 2298327(RU). Дата регистрации: 20.01.2006.

Тютерев С. Л. Физиолого-биохимические основы управления стрессоустойчивостью растений в адаптивном растениеводстве // Вестник защиты растений. 2000. № 1. С. 11–34.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МУТАЦИЙ В ЛОКУСЕ WAXY ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АНТРОПОГЕННОЙ ВОДЫ НА СЕМЕНА ЯЧМЕНЯ

М. С. Булдакова, Г. П. Дудин

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

buldackova.marinasergeewna@yandex.ru

В настоящее время проблема загрязнения водных объектов является наиболее актуальной. Генетическая опасность химических соединений зависит не только от их генетической активности, но и от того, в каких количествах они циркулируют в природе, как часто используются в деятельности человека, в каких масштабах контактируют с живыми организмами и др.

Основной целью географии мутагенов является установление точного их географического распространения и концентраций, выяснение источников загрязнения и путей циркуляции не только в воздухе и почве, растениях и животных, но и в производственных условиях. Некоторые виды животных и растений могут быть индикаторными видами, показывающими степень загрязнения мутагенами того или другого района (Лекявичус, 1983).

Для оценки генетической активности использовали чувствительный тест-объект Waxy-изменений в пыльцевых зернах ячменя. Культура ячменя характеризуется рядом биологических преимуществ перед другими видами растений: диплоидной природой и небольшим числом хромосом, почти с клейстогамным типом опыления и легкостью искусственной гибридизации (Володин, 1979).

Мутация по локусу Waxy относится к числу тех редких генетических систем у высших растений, которые, по мнению ряда авторов, могут претендовать на роль объекта при изучении слабых мутагенных воздействий на живые организмы.

Метод учета мутаций в локусе Waxy предусматривает анализ большого количества пыльцевых зерен и дает возможность судить уже в первый год об эффективности влияния применяемых факторов (Eriksson, 1969).

Цель работы – изучить действие воды открытых водоемов, их компонентов на растения ячменя при определении мутаций по локусу Waxy.

Задачи:

1. Определить частоту Waxy – мутаций в пыльцевых зернах ячменя;

2. Выявить изменения Waxy – генов пыльцевых зерен ячменя под действием отобранных проб воды открытых водоемов.

Методика выявления изменений Waxy-генов в пыльцевых зернах разработана Г. Эриксоном в 60-ых годах XX века и улучшена Е. Р. Виленским и Б. К. Щербаковым (1985).

Исследования проведены на ячмене с рецессивной мутацией в локусе Waxy. Локус Waxy, локализованный в хромосоме 1, определяет отсутствие синтеза амилозы в пыльцевых зернах и эндосперме, в связи с чем, у гомозиготной Waxy-линии ячменя накапливается только амилопектин. Нормальные же линии с доминантным Waxy-геном синтезируют и амилопектин и амилозу, составляющие молекулу крахмала. Таким образом, мутация локуса Waxy успешно регистрируется по изменению цвета пыльцевых зерен при специфическом окрашивании на крахмал в растворе Люголя. При этом мутантные пыльцевые зерна приобретают темно-синюю или черную окраску и меньшие размеры.

Для определения генетического действия изучаемых факторов семена ячменя линии Waxy замачивали в отобранных пробах воды за один день до посева. Растения выращивали в полевых условиях на опытном поле Вятской ГСХА. В период созревания пыльников колосья с главных стеблей срезали и фиксировали в 70%-м этиловом спирте, затем высушивали и хранили в холодильнике. Пыльцевые зерна просматривали под микроскопом.

Схема опыта (2013 год):

1. Дистиллированная вода (контроль);

Схема опыта (2014 год):

1. Дистиллированная вода (контроль);

2. Озеро Ильинское;
3. р.Вятка выше сброса сточных вод;
4. р. Вятка ниже сброса сточных вод;
5. Озеро Ивановское
6. Протока озера Ивановского
7. Озеро Березовое

2. р. Вятка выше сброса сточных вод;
3. Озеро Березовое
4. Артезианская вода

Для приготовления препаратов пыльцевых зерен у каждого колоса из средней части извлекали пыльники и окрашивали пыльцу раствором Люголя.

Химический анализ отобранных проб воды из рассматриваемых вариантов выявил максимальные концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в пробах воды в озере Березовом: по нитрат-ионам, ионам-аммония и мышьяку с превышением ПДК (предельно-допустимой концентрации).

Исследования с рецессивной мутацией в локусе Waxy проводились на протяжении двух лет.

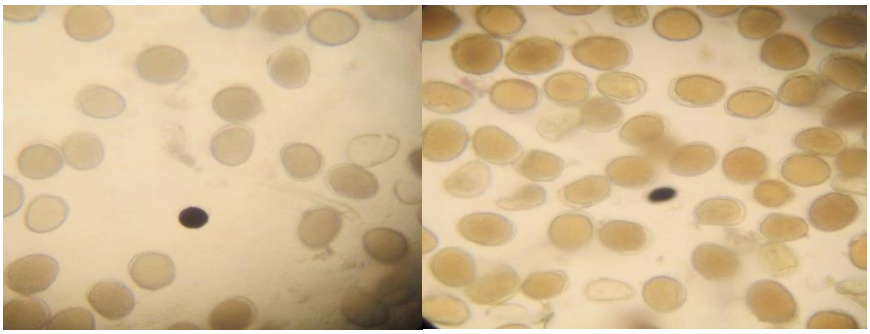


Рис. Мутантные пыльцевые зерна линии Waxy

Статистическая обработка данных выявила существенные отклонения частоты Waxy-мутаций в вариантах: «река Вятка выше сброса сточных вод» и «озеро Березовое» (Вольф, 1966).

Таблица 1

Частота Waxy – мутаций в пыльцевых зернах ячменя, 2013 г.

№ п/п	Варианты опыта	Число пыльцевых зерен, шт.		Частота Waxy-мутаций p ± Sp, %
		Просмотрено	Мутантных	
1	Контроль	100350	33	0,033 ± 0,0057
2	оз. Ильинское	72750	22	0,030 ± 0,0064
3	р. Вятка выше сброса ст. вод	63000	35	0,055 ± 0,0094*
4	р. Вятка ниже сброса ст. вод	68000	20	0,029 ± 0,0066
5	оз. Ивановское	74500	22	0,030 ± 0,0063
6	Протока оз. Ивановского	77500	26	0,034 ± 0,0066
7	оз. Березовое	57450	79	0,140 ± 0,0155***

Примечание: *– уровень вероятности P>0,95; ***– уровень вероятности P>0,999.

Исходя из данных представленных в таблице 1 отчетливо видно, что в варианте «река Вятка выше сброса сточных вод» частота Waxy-мутаций составила 0,055 %, что больше контроля в 1,7 раз. Из 63000 просмотренных пыльцевых зерен 35 шт. были с мутацией в локусе Waxy.

В варианте «озеро Березовое» было проанализировано 57450 пыльцевых зерен, в том числе 79 шт. – мутантных. При этом частота Waxy-мутаций составила 0,140% , что в 4,4 раза было выше контроля.

В остальных вариантах значение частоты Waxy – мутаций в пыльцевых зернах, была на уровне контроля.

Таблица 2

Частота Waxy – мутаций в пыльцевых зернах ячменя, 2014 г.

№ п/п	Варианты опыта	Число пыльцевых зерен, шт.		Частота Waxy-мутаций p ± Sp, %
		Просмотрено	Мутантных	
1	Контроль	100420	19	0,019± 0,0043
2	р. Вятка выше сброса ст. вод	72750	26	0,036 ± 0,0070*
3	оз. Березовое	68500	63	0,092 ± 0,0116***
4	Артезианская вода	73000	10	0,014 ± 0,0043

Примечание: * – уровень вероятности P>0,95; *** – уровень вероятности P>0,999.

По результатам исследования 2014 г. также выделялись варианты: «р. Вятка выше сброса сточных вод» и «озеро Березовое». В варианте «р. Вятка выше сброса сточных вод» частота Waxy-мутаций составила 0,036 %, что больше контроля в 1,9 раз. Из 72750 просмотренных пыльцевых зерен 26 шт. были с мутацией в локусе Waxy (табл. 2).

В варианте «озеро Березовое» было проанализировано 68500 пыльцевых зерен, в том числе 63 шт. – мутантных. При этом частота Waxy-мутаций составила 0,092% , что в 4,8 раза было выше контроля.

Наименьшее количество мутантных пыльцевых зерен было выявлено в варианте «Артезианская вода», где наблюдалась самая низкая частота мутаций 0,014%.

Таким образом, в течении двух лет по результатам исследований наблюдалось достоверное увеличение частоты мутаций Waxy-гена ячменя при замачивании семян в вариантах «река Вятка выше сброса сточных вод» и «озеро Березовое». Это обусловлено более высокой концентрацией загрязняющих веществ (ЗВ) в отобранных пробах воды. Так как тяжелые металлы, нитрозамины и их соединения способны индуцировать все типы мутаций как у животных, так и растений.

Исходя из выше изложенного следует отметить, что необходим строгий контроль и включение мышьяка и нитрозаминов в число обязательных показателей ЗВ по общей системе мониторинга. Что позволило бы прогнозировать загрязнение окружающей среды данными соединениями, выявлять очаги и способствовать предотвращению нежелательных последствий генетического действия (Микрюков, 2007).

Литература

Виленский Е. Р. Генетический индикатор загрязнителей среды-WAXYреверсии пыльцевых зерен ячменя линии WAXY // Генетика. 1994. Т. 30. С. 26.

Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Минск: Наука и техника, 1979. 144 с.

Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. 253 с.
Лекявичус Р. К. Химический мутагенез и загрязнение окружающей среды. Вильнюс: Мокслас, 1983. С. 27–41.
Микрюков Л. Е., Широков В. С. Промышленная экология: Учебное пособие для вузов / Под ред. В. В Денисова. М.: Ростов н/Д.: МарТ, 2007. С. 326.
Eriksson G. The waxy character // Hereditas. 1969. P. 108–204.

РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД НА ОБРАБОТКУ ХИМИЧЕСКИМИ И ФИЗИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ В НУЛЕВОМ И ПЕРВОМ ПОКОЛЕНИЯХ

Н. С. Шабалин, Г. П. Дудин
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nika.shabalin90@mail.ru

Одной из основных задач современной биологии является исследование особенностей развития организма в зависимости от факторов окружающей среды. В силу малоподвижного образа жизни, растения особенно подвержены влиянию ряда субоптимальных внешних воздействий: высокая и низкая освещенность, повышенный уровень радиации, недостаток или несбалансированность элементов питания (Володина, 2008).

Возделывание культурных растений связано с использованием различных химических веществ (пестицидов, регуляторов роста, удобрений и т. д.). В сельскохозяйственном производстве основными источниками загрязнения являются пестициды, которые применяются при повышенных нормах и дозах, а также при несоблюдении научно обоснованных норм. Наряду с увеличением урожая и его качества, устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды химические вещества могут обладать отрицательным побочным воздействием – индукцией мутаций в посевах.

Анализ генетической активности 400 пестицидов показал, что более 60% из них обладают мутагенным действием (Куринный, 1985). Индуцируя различные типы мутаций, такие вещества могут вызвать ухудшение хозяйственно-полезных признаков сортов и в конечном итоге привести к потере ценных генотипов культурных растений. Однако, наряду с этим, под влиянием химических мутагенов у сельскохозяйственных растений возможно получение до 30–60% жизнеспособных селекционно-ценных мутантов, обладающих новыми полезными признаками и свойствами (Козаченко, 1989).

В настоящее время имеется большое количество мутагенов физической природы. Во второй половине XX века было обнаружено мутагенное действие лазерного излучения. Работы по искусственному получению мутаций у растений с помощь лазерного излучения начались практически сразу после производства лазерных установок. Первые данные по мутагенному действию излучений гелий-неонового лазера получены на луке-батуне (Рабкин, Тарасов, 1968) и томатах (Мусаев, Елизаров, 1971).

Актуальными в этом плане представляются исследования по мутагенному действию комбинированного фунгицида триазолового ряда Альто Супер и лазерного красного света (ЛКС) на растения ярового ячменя.

Альто Супер является фунгицидом широкого спектра действия с контактными и системными свойствами. Данный фунгицид синтезирован из двух препаратов 250 г/л пропиконазола + 80 г/л ципроконазола. Применяется на зерновых культурах и сахарной свекле против мучнистой росы, септориоза, бурой ржавчины, фузариоза колоса, гельминтоспориоза и других заболеваний.

Целью работы являлось изучение реакции растений ярового ячменя сорта Изумруд в нулевом и первом поколении на воздействие фунгицида Альто Супер и ЛКС, а также их совместного действия в результате обработки растений ячменя в фазу кущения в нулевом поколении (M_0).

Экспериментальная работа проводилась в 2014–2015 гг. на опытном поле Вятской ГСХА. В 2014 году растения ярового ячменя сорта Изумруд в M_0 обрабатывались фунгицидом Альто Супер в фазу кущения с расходом рабочей жидкости 300 литров на гектар (30 мл рабочего раствора на 1 м^2). В исследуемых вариантах применяемая норма расхода препарата была в пять раз меньше рекомендуемой. Посев нулевого поколения производился на делянках площадью 1 м^2 в четырехкратной повторности по 125 зерен.

Лазерное излучение получено с помощью лазерной гелий-неоновой установки с длиной волны 632,8 нм. Режим облучения непрерывный, экспозиция воздействия 60 минут, плотность мощности излучения 0,3 мВт/см^2. Облучение растений в исследуемых вариантах производился в ночных условиях. Контроль плотности луча осуществляли с помощью прибора ИПМ-1.

Параметры облучения были выбраны на основании исследований проведенных на кафедре селекции и семеноводства ВГСХА на яровом ячмене, как наиболее оптимальные для получения достаточного выхода жизнеспособных, продуктивных мутаций (Дудин, 2009).

Эффективность используемых факторов и реакцию растений ячменя на их применение оценивали с помощью среднего суммарного показателя депрессии (D, %) – стимуляции (St, %). Для нахождения коэффициента D (St, %) использовали данные полученные по пяти признакам: длина стебля и колоса, количество колосков и зерен в колосе и масса зерна с колоса (Володин, Лисовская, 1979).

Показатель депрессирующего или стимулирующего действия во всех изучаемых вариантах опыта M_0 был различным (рис.).

В нулевом поколении во всех изучаемых вариантах зафиксировано стимулирующее действие изучаемых факторов. Наименьший стимулирующий эффект отмечен в варианте Альто Супер 0,1 л/га (кущение) – 5,69 %.

Комплексное применение изучаемых химических и физических факторов в опыте наметило тенденцию незначительного увеличения стимулирующего действия, так совместная обработка растений ячменя в фазу кущения Альто Супер 0,1 л/га и ЛКС привела к стимуляции всех показателей, отмечено достоверное увеличение длины колоса, количества зерен в колосе, при этом в данном варианте зафиксирован наибольший стимулирующий эффект – 10,65%. Длина

колоса достоверно превышает контроль в варианте ночного облучения ЛКС растений ячменя в фазу кущения.

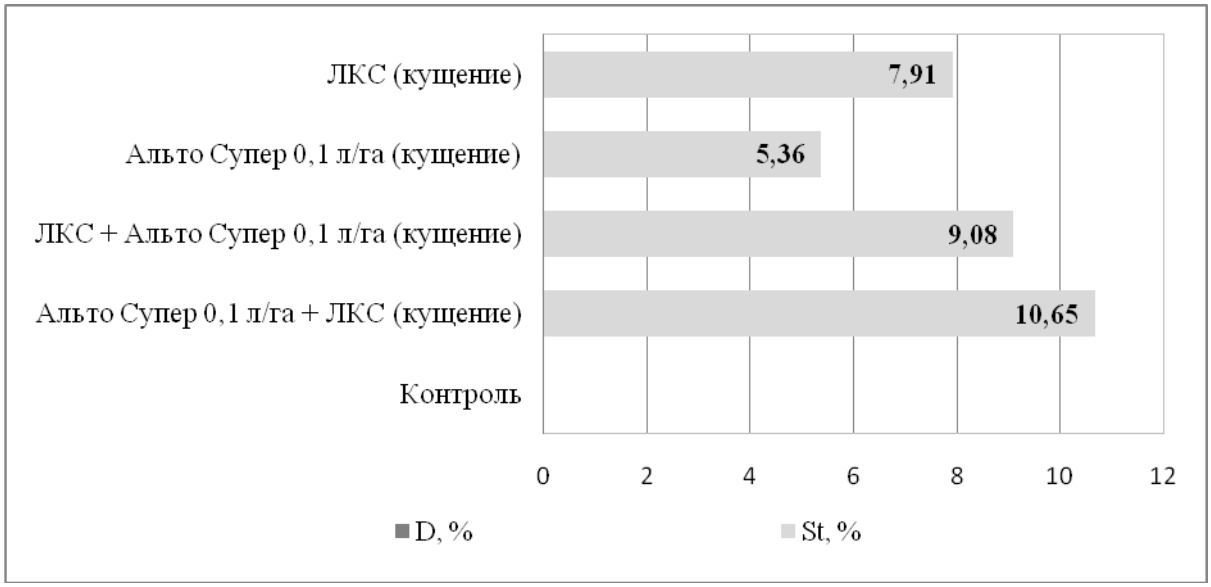


Рис. Реакция растений ячменя на воздействие изучаемых факторов в нулевом поколении

Наблюдение за динамикой развития ячменя показало, что существенных отклонений от контроля в прохождении фенологических фаз развития растений в M_0 не зафиксировано.

В варианте ЛКС (кущение) фазы: кущение, выход в трубку, восковая спелость наступали раньше контроля на один день. В варианте Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС (кущение) наступление всех фаз отставало от контроля на 1–2 дня. Фазы выход в трубку, колошение и восковая спелость в варианте Альто Супер 0,1 л/га (кущение) наступили раньше контрольного варианта на один день.

В 2015 г. высевались семена с растений нулевого поколения. Посев первого поколения (M_1) производился в ручную на делянках площадью 1 м^2 в четырехкратной повторности, расстояние между рядками – 15 см. Посев повторностей систематический со смещением в два яруса.

Результат исследования: в первом поколении для оценки влияния изучаемых факторов на растения ячменя сорта Изумруд, изучалось действие факторов на полевую всхожесть семян, и выживаемость растений и наступление фенологических фаз развития растений.

Во всех изучаемых вариантах всхожесть семян несколько выше контроля (табл.). Незначительное повышение полевой всхожести семян до 84,6% наблюдалось в вариантах с применением красного лазерного света в ночных условиях в фазу кущения: совместного применения факторов ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га и индивидуального использования ЛКС. Наименьший стимулирующий эффект зафиксирован в комплексном варианте Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС (кущение) – 81,0%. В контроле – 78,4%.

При анализе выживаемости растений в M_1 отмечено достоверное снижение данного показателя в варианте Альто Супер 0,1 л/га (кущение) – 79,5%, а также уменьшение в варианте Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС (кущение) – 80,2%, в контроле выживаемость растений составила 89,1%. В остальных вариантах значение данного показателя варьировало от 82,8% (ЛКС (кущение)) до 86,8% (ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га (кущение)).

Таблица

Полевая всхожесть семян и выживаемость растений ячменя сорта Изумруд в первом поколении, 2015 г

Варианты	Всхожесть семян, %	Выживаемость растений, %
Контроль	78,4	89,1
Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС (кущение)	81,0	80,2
ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га (кущение)	84,6	86,8
Альто Супер 0,1 л/га (кущение)	81,9	79,5*
ЛКС (кущение)	84,6	82,8
	$НСР_{05}$ = 12,68	$НСР_{05}$ = 9,31

Примечание : * – уровень вероятности P > 0,95

Таким образом, результаты исследований показали, что практически во всех вариантах опыта нулевого поколения отмечено стимулирующее воздействие на реакцию растений ячменя. При этом изучаемые параметры оказали стимулирующее действие на всхожесть семян в M_1. Однако исследуемые факторы оказали ингибирующее действие на выживаемость растений. При этом наибольшее депрессирующее действие на выживаемость растений по сравнению с контролем оказали сочетание факторов Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС (кущение) и ЛКС (кущение).

Литература

Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Минск: Наука и техника, 1979. 144 с.

Володина Г. Б. Природопользование и проблема биоразнообразия // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2008. № 11. С. 35–39.

Дудин Г. П. Экспериментальный мутагенез и селекция ячменя // Экспериментальный мутагенез в биологии и сельском хозяйстве: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Киров: Вятская ГСХА, 2009. С. 5–8.

Козаченко М. Р., Манзюк В. Г., Корчинский А. А. Экспериментальный мутагенез на службу селекции. Киев: Выща школа, 1989. 51 с.

Куринный А. И. Биологическая индикация пестицидов мутагенов в окружающей среде по частоте аббераций хромосом у растений // Цитология и генетика. 1985. Т. 19. № 4. С. 268–269.

Полевой В. В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. Вузов. М.: Высш. школа, 1989. 464 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ НА ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ СОРТА ИЗУМРУД В ПЕРВОМ И ВТОРОМ ПОКОЛЕНИЯХ

Г. П. Дудин, Н. С. Шабалин
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nika.shabalin90@mail.ru

Результатом существующего в настоящий момент разнообразия форм растений являются ранее возникшие мутации, их рекомбинации, а также регулирование функций отдельных генов в единой генетической системе организма. Однако в естественных условиях мутации встречаются крайне редко, это подтолкнуло многих ученых к выводу о необходимости разработки путей искусственного индуцирования мутаций.

Индуцированный мутагенез – это метод преобразования растений. При умелом его использовании можно до неузнаваемости изменить растение, сделать его скороспелым или позднеспелым, заставить в определенное время сбрасывать листья и цветки, изменять размеры и окраску цветов и плодов, скорректировать количество белка, его аминокислотный состав и т. д. Индуцированный мутагенез дает возможность за довольно короткий срок создать разнообразный материал. Это один из ценных методов современной селекции (Дудин, 2009).

Целью работы являлось изучение реакции растений ярового ячменя сорта Изумруд на воздействие фунгицида Альто Супер и лазерного красного света (ЛКС), а также их совместного влияния на семена ячменя в первом поколении.

Материал и методика исследования: семена ярового ячменя сорта Изумруд обрабатывались фунгицидом Альто Супер в концентрациях 0,5; 0,1; 0,02 л/га, контроль (обработка водой) в течение 12 часов перед посевом.

Лазерное излучение получено с помощью лазерной гелий-неоновой установки (ОКГ-12-1) с длиной волны 632,8 нм. Режим облучения непрерывный, экспозиция воздействия 60 минут, плотность мощности излучения 0,3 мВт/см^2. Контроль плотности луча осуществляли с помощью прибора ИПМ-1.

Опыт закладывался в 4-х кратной повторности, по 500 зерен в каждом варианте (по 125 зерен в каждой повторности).

Посев первого поколения (M_1) производился в 2014 году на опытном поле Вятской ГСХА на делянках площадью 1 м^2, расстояние между рядками – 15 см. Посев повторностей систематический, со смещением в два яруса.

Схема опыта:

1. Контроль
2. Альто Супер 0,5 л/га
3. Альто Супер 0,1 л/га
4. Альто Супер 0,02 л/га
5. Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС
6. ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га

Эффективность используемых факторов и реакцию растений ячменя на их применение оценивали с помощью среднего суммарного показателя депрес-

сии (D, %) – стимуляции (St, %). Для нахождения коэффициента D (St, %) использовали данные полученные по пяти признакам: полевая всхожесть, длина стебля и колоса, количество колосков в колосе и масса зерна с колоса (Володин, Лисовская, 1979).

Показатель депрессирующего или стимулирующего действия во всех изучаемых вариантах опыта M_1 был различным (рис.).

Стимулирующее действие оказала обработка семян фунгицидом Альто Супер в концентрации 0,1 л/га (St=0,70%) и в варианте с комбинированным применением исследуемых факторов Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС (St = 1,27%).

Наименьшее депрессирующее действие отмечено в варианте с максимальной концентрацией Альто Супер 0,5 л/га (D = 2,49%). При снижении концентрации фунгицида увеличилось депрессирующее действие (D = 4,22%), за счет снижения всхожести семян, длины стебля, количества колосков в колосе и массы зерна с колоса. Депрессирующее действие также зафиксировано в варианте с комбинированным применением ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га –2,51%.

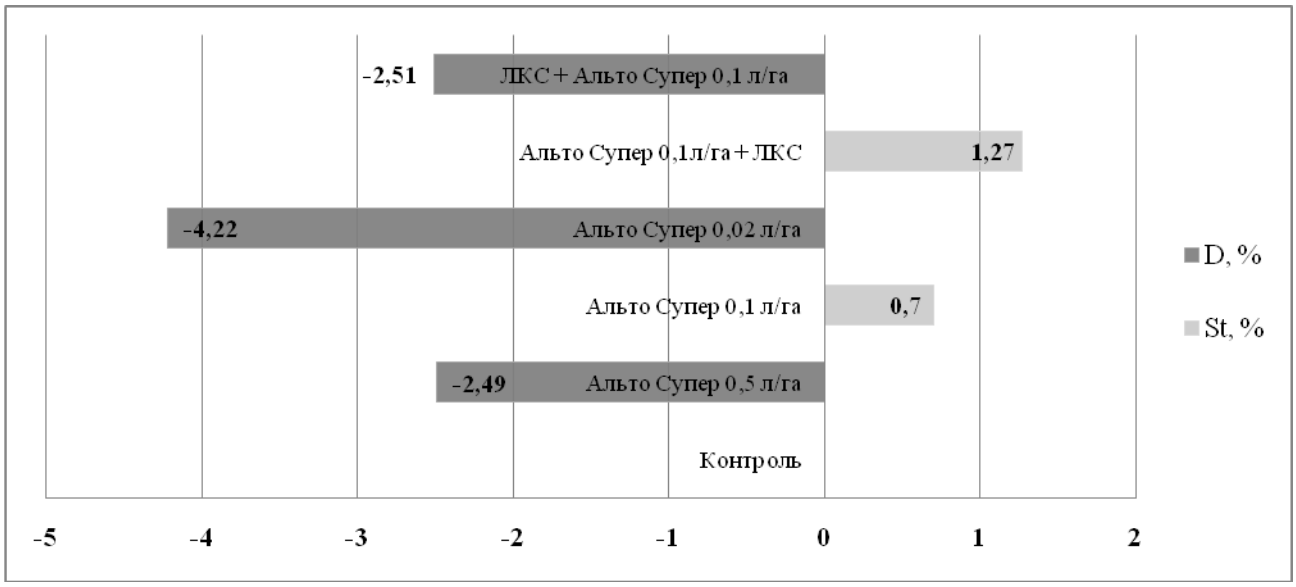


Рис. Реакция растений ячменя на воздействие изучаемых факторов в первом поколении

Второе поколение (M_2) посемейно закладывали семенами с главных колосьев растений первого поколения на рядок длиной 1 м, расстояние между рядками – 15 см. На протяжении всего периода вегетации выделяли семьи с хлорофильными мутациями по классификации, разработанной Ю. Калам, Т. Орав (1974). Проводили отбор растений с видимыми морфологическими и физиологическими отклонениями от исходного сорта.

В 2015 г. во втором поколении хлорофильные мутации были выделены во всех вариантах опыта (табл. 1).

По мнению ряда авторов хлорофильные мутации являются индикатором мутагенной эффективности физических и химических факторов. Хлорофильные мутации связаны с нарушением образования хлорофилла и возникают в ре-

зультате изменения генов, расположенных в разных хромосомах и пластидах клетки.

Таблица 1

Частота хлорофильных мутаций растений ячменя во втором поколении

Варианты	Число семей			Количество типов мутаций
	Всего семей в M_2	Семей с хлорофильными мутациями		
		абс	p + Sp, %	
Контроль	304	2	0,66±0,46	2
Альто Супер 0,5 л/га	285	13	4,56±1,24*	9
Альто Супер 0,1 л/га	287	15	5,23±1,32**	7
Альто Супер 0,02 л/га	279	18	6,45±1,47**	8
Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС	305	16	5,25±1,28**	5
ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га	318	18	5,66±1,30**	6

Примечание: * – уровень вероятности P>0,95; ** – уровень вероятности P>0,99.

Всего в нашем опыте с хлорофильными изменениями отмечены 82 семьи. Максимальный выход хлорофильных мутаций зафиксирован в вариантах Альто Супер 0,02 л/га и ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га (по 18 семей). В контроле (семена, замоченные в воде) отмечено 2 семьи.

Частота хлорофильных мутаций варьировала от 0,66% (контроль) до 6,45 % (Альто Супер 0,02 л/га). Об эффективности изучаемых факторов свидетельствует и спектр хлорофильных мутаций. Всего в опыте было выделено 15 типов мутаций.

Наиболее широкий спектр хлорофильных мутаций (9 типов) отмечался при обработке семян Альто Супер с концентрацией 0,5 л/га (claroviridis, atroviridis, viridoterminalis, viriduloaba, virescens, xanthoviridis, xanthoviridoterminalis, viridostriata, viridomaculata). Восемь типов мутаций выделено в варианте Альто Супер 0,02 л/га. В остальных вариантах выделено по 2–7 типов хлорофильных нарушений.

В большинстве вариантов индуцированы мутации viridoxanthastriata, atroviridis и claroviridis, которые оказались самыми распространенными в опыте.

Мутация типа viridoxanthastriata преобладала в вариантах с комбинированным действием фунгицида и ЛКС, а albina встречалась только в вариантах с действием Альто Супер в концентрациях 0,1 л/га и 0,02 л/га.

Кроме хлорофильных мутаций на ячмене отмечались растения с другими изменёнными признаками, учитывались все видимые фенотипические отличия растений, которые возможно было измерить и визуально оценить (табл. 2). В отличие от хлорофильных мутаций, данные изменения могут иметь большое практическое значение, т. к. могут применяться в качестве исходного материала при создании новых сортов (Емелев, 2007).

Таблица 2

Частота морфофизиологических изменений растений ячменя во втором поколении

Варианты	Число семей		Частота изменений
	Всего семей в M_2	Семей с изменениями	p + Sp, %
Контроль (зам. в воде)	304	3	0,99±0,58
Альто Супер 0,5 л/га	285	50	17,54±2,25***
Альто Супер 0,1 л/га	287	38	13,24±2,00***
Альто Супер 0,02 л/га	279	31	11,11±1,88***
Альто Супер 0,1 л/га + ЛКС	305	42	13,77±1,97***
ЛКС + Альто Супер 0,1 л/га	318	37	11,64±1,79***

Примечание : *** – уровень вероятности P>0,999.

Морфофизиологическая изменчивость во втором поколении варьировала от 11,11% (Альто Супер 0,02 л/га) до 17,54% (Альто Супер 0,5 л/га) и во всех опытных вариантах достоверно превысила контроль (табл. 2).

При парной обработке семян частота мутаций несколько выше, когда в качестве завершающего фактора использовали лазерный красный свет, и составила 13,77%.

Наибольшее количество семей с изменениями выделено в варианте Альто Супер 0,5 л/га – 50 семей, при этом максимальная частота морфофизиологических изменений в опыте зафиксирована в этом же варианте – 17,54%.

Таким образом, обработка семян фунгицидом Альто Супер 0,5 л/га приводит к возникновению широкого спектра хлорофильных мутаций и к максимальной частоте морфофизиологических изменений во втором поколении, что свидетельствует о мутагенной активности изучаемого фактора.

В прямых и обратных вариантах совместного использования Альто Супер и красного лазерного света частота морфофизиологических изменений находится на уровне варианта Альто Супер 0,1 л/га.

Литература

Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Минск: Наука и техника, 1979. 144 с.

Дудин Г. П. Экспериментальный мутагенез и селекция ячменя // Экспериментальный мутагенез в биологии и сельском хозяйстве: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Киров: Вятская ГСХА, 2009. С. 5–8.

Емелев С. А. Оценка мутантных форм ячменя сорта Биос 1 // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2007. № 8. С. 13–16.

Калам Ю. И., Орав Т. А. Хлорофильная мутация. Таллин: Валгус, 1974. 59 с.

МУТАЦИОННОЕ И ЗАЩИТНОЕ ВЛИЯНИЕ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ СЕМЯН НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ СОРТА НУР В ТРЕТЬЕМ ПОКОЛЕНИИ

М. В. Черемисинов, Л. А. Тагакова
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Защита сельскохозяйственных растений, основанная сначала на практических наблюдениях, практикуется примерно с 1880 г. Тогда применяли только неорганические соединения мышьяка, фтора, селена, таллия, бора, сурьмы и меди. Использовали также неорганические природные вещества, такие, как криолит и сера.

Резкий скачок в развитии защиты растений и борьбы с вредителями произошел в результате открытия инсектицидных свойств 1,2 – бис – (– 4 – хлорфенил) – 2,2,2, - трихлорэтана швейцарским химиком Паулем Мюллером. Это соединение, ставшее позже всемирно известным под названием ДДТ, было впервые синтезировано австрийцем Отаром Цайдлером. Вскоре после ДДТ был получен 1,2,3,4,5,6 – гексохлорциклогексан (ГХЦГ), также были синтезированы эфиры тиофосфорной кислоты. ДДТ и ГХЦГ нашли свои первые сферы применения в гигиене человека и профилактике инфекционных болезней.

Наиболее важными отдельными классами веществ являются хлорорганические и фосфорорганические соединения и карбаматы.

Первыми системными фунгицидами были беномил и тиабендазол, которые уничтожают возбудителей болезней, находящихся как на поверхности, так и внутри листа.

Среди фунгицидов и регуляторов роста обнаружено много веществ, обладающих мутагенной активностью. Поэтому необходимо изучать действие препаратов и регуляторов роста, используемых в производстве на окружающую среду и на растения, подвергающиеся обработке.

Отрицательное действие этих фунгицидов на растения ячменя изучено недостаточно.

Оценка на мутагенную активность пестицидов позволяет дифференцированно подходить к их применению на семенных посевах и, особенно, при производстве оригинальных семян.

Исследования по мутагенному действию пестицидов на яровые зерновые культуры проводятся на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА с 1999 года. Была выявлена на яровом ячмене мутагенная активность препаратов (колфуго супер), азолов (винцит, тебу-60, премис, дивиденд стар), стробилуринов, дитиокарбоматов и оксатиина (фенорам супер) и некоторых биопрепаратов (агат 25К, эклоран, альбит) (Помелов, 2009). Поэтому нами было продолжено изучение протравителей семян на выявление мутагенного действия: грандсил-ультра, тебу 60 и скарлет. Схема опыта представлена в таблице.

В третьем поколении (M_3) посемейно высевали семена с главного колоса растений второго поколения. На протяжении всего периода вегетации велись

наблюдения за измененными растениями, которые выделились по признакам, отличающимся от исходного сорта контроля. Проводились учеты семей с видимыми морфологическими (форма куста, кустистость, длина стебля, форма, длина и плотность колоса, длина остей, число зерен в колосе и их масса) и физиологическими изменениями (наступление основных фенофаз развития, сроки созревания, антоциановая окраска и восковой налет).

Хлорофилльные мутации были выделены только в варианте с обработкой препаратом скарлет 0,04 л/т - 0,60 %. В третьем поколении они не наследовались.

Анализ характера наследования видимых морфологических и физиологических изменений показал, что часть из них имела модификационную природу и в третьем поколении вернулась к исходному фенотипу.

Не передались потомству такие типы изменений как пониженная кустистость, низкий стебель, прикорневое полегание.

Полного наследования измененных признаков в третьем поколении не отмечено.

Высокий процент наследования отмечен по таким признакам как раннее кущение – 76,9%; позднее колошение, позднее созревание – 75,0%; высокий стебель – 74,6%; широкий лист –70,0%; ранний выход в трубку – 63,6%. На 50% наследовались промежуточная форма куста, короткий колос, низкое число колосков в колосе.

Невысокий процент наследования (6–30%) наблюдался у изменений длинный колос, повышенная масса зерна с колоса, высокая кустистость, высокое число колосков в колосе, пониженная масса зерна с колоса, раннее созревание, высокая продуктивная кустистость, слабый восковой налет. В третьем поколении доля мутантных семей во всех вариантах опыта была ниже по сравнению с частотой измененных семей во втором поколении. Особенно это отмечается в вариантах скарлет 0,4 л/т, грандсил-ультра 0,5 л/т.

Максимальная частота наследственных изменений ячменя 2,4–4,0% отмечена при воздействии скарлета 2 и 0,04 л/т соответственно, а минимальная – 1,8% – при обработке скарлетом 0,4 л/т (табл.).

При использовании в качестве протравителей для обработки семян скарлета и тебу- 60 вновь, как и во втором поколении наблюдается взаимосвязь между нормой расхода и выходом мутаций: с увеличением нормы расхода скарлета с 0,04 до 2 л/т и тебу 60 с 0,05 до 2,5 л/т частота мутантных изменений уменьшалась от 4,0 до 2,4 и от 3,6 до 1,8 % соответственно.

Низкая степень наследования отмечена в варианте тебу-60 0,5 л/т, где передается в M_3 37,5% выделенных в M_2 изменений.

В третьем поколении не произошло уменьшения количества типов новообразований: в отдельных вариантах их число либо возрастало, либо сохранялось на уровне второго поколения.

Среди новообразований преобладали изменения морфологических и количественных признаков. Наблюдались различия в спектральном составе мутаций между отдельными вариантами. В вариантах опыта с тебу 60 0,5 л/т, скарлет 0,04 л/т, получен самый широкий спектр мутаций.

Под влиянием винцита 0,2 л/т доля семей с количественными изменениями и физиологическими отклонениями находится на одном уровне – 23,52%.

При этом превалируют формы с высокой продуктивной кустистостью, ранним кущением, поздним колошением, ранним выходом в трубку.

При уменьшении концентрации тебу-60 с 2,5 до 0,05 л/т увеличивается количество скороспелых мутантов.

Таблица

Частота морфофизиологических мутаций ячменя сорта НУР в третьем поколении (M_3)

Варианты опыта	Количество изучаемых семей в M_3	Число семей с изменениями в M_3		Процент наследования
		n	(p±Sp)	
1. Контроль (обр. водой 10 л/т)	85	0	0	0
2. Грандсил-ультра 0,05 л/т	158	6	3,79±1,52*	85,6
3. Грандсил-ультра 0,5 л/т	139	3	2,15±1,23	100
4. Грандсил-ультра 2,5 л/т	104	3	2,88±1,63	75,0
5. Скарлет 0,04 л/т	124	5	4,03±1,76**	62,5
6. Скарлет 0,4 л/т	164	3	1,83±1,04	100
7. Скарлет 2 л/т	163	4	2,45±1,21*	57,1
8. Тебу-60 0,05л/т	138	5	3,62±1,59*	83,3
9. Тебу-60 0,5 л/т	161	3	1,86±1,06	37,5
10. Тебу-60 2,5 л/т	130	0	0	0

Анализ элементов структуры продуктивности показал, что обработка препаратом грандсил-ультра 0,05 л/га стимулировало выход наибольшего количества длинностебельных мутантов. Длина стебля увеличивалась от 1,1 до 10 см.

У мутантов 2-8; 3-1; 8-3; 8-5 отмечена максимальная общая и продуктивная кустистость и длина стебля (63 и 67 см) с незначительным уменьшением длины колоса. Например, у мутанта 9-5 общая и продуктивная кустистость составила 5,9 и 5,8 соответственно. Препарат тебу 60 0,05 л/т индуцировал наибольшее количество длинно-стебельных мутантов (8-3; 8-4; 8-5) с длиной стебля 61,6-67 см, у исходного сорта Нур 46,4 см.

Мутанты 7-3; 7-5 полученные обработкой в первом поколении препаратом скарлет 2 л/т отличаются высокой продуктивной кустистостью (4,8; 4,9) и количеством зерен в колосе – 29,6 шт. Максимальная длина колоса у мутанта 7-6 – 11,8 см, у сорта Нур 10,1 см.

В фазу колошения проводились учеты на корневые гнили у изучаемых мутантных форм. Выявлены мутанты, которые меньше поражались корневыми гнилями: 2-5х распространенность корневых гнилей составила 45%, 3-1 55%; 2-8 50%; мутант 5-6 55%, по сравнению с контролем 90 %.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что препараты, используемые для обработки семян, такие как грандсил-ультра, скарлет и тебу-60 являются мутагенами на культуре ячменя и могут использоваться только для обработки партий репродукционных семян и получения исходного материала ярового ячменя.

Литература

Помелов А. В. Эффективность протравителей семян яровых зерновых культур // Сибирский вестник с.х. науки. 2009. № 5. С. 21–26.

Черемисинов М. В., Помелов А. В. Реакция растений ячменя нулевого и первого поколений на обработку фунгицидами стробилуринами // Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства: Всеросс. науч.-практ. конф., посвященная 65-летию агрономического факультета: Сб. науч. тр. Киров: Вятская ГСХА, 2009. С. 106–110.

ИЗУЧЕНИЕ МУТАГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ СЕМЯН НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ СОРТА НУР ВО ВТОРОМ ПОКОЛЕНИИ

М. В. Черемисинов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Малотоксичные фунгициды – протравители семян, применяемые в настоящее время, обладают длительным защитным действием против комплекса болезней, но наряду с защитным действием они могут обладать побочным мутагенным действием на растения ячменя.

На семена ячменя сорта Нур воздействовали следующими препаратами: скарлет, тебу – 60, грандсил ультра.

Препараты были выбраны на основании проведенных исследований рядом авторов, в том числе на кафедре селекции ВГСХА (Помелов, 2004; Дудин, Лысиков, 2009).

Обработка семян проводилась за один день до посева с увлажнением. Расход рабочей жидкости приготовленного рабочего раствора 10 л/т.

Особенностью действия пестицидов является четко выраженная зависимость их кластогенной активности от концентрации. Поэтому важно проследить является ли рекомендованная норма расхода препарата больше, чем пороговая доза кластогенного действия. Имеются данные о том, что химический протравитель вицит не влияет непосредственно на синтез ДНК, но повреждает некоторые фазы митоза, вызывая нерасхождение образовавшихся после удвоения ДНК хроматид (Андреева, Зинченко, 1995).

По данным кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ВГСХА микробиологический препарат агат – 25К 40 г/т вызывал как хлорофильные (3,3%), так и морфофизиологические изменения у растений ячменя (Черемисинов, Помелов, 2004).

Для изучения протравителей семян схема опыта включала следующие варианты: контроль (обработка водой 10 л/т) скарлет 0,04 л/т, скарлет 0,4 л/т, скарлет 2 л/т, тебу – 60 0,05 л/т, тебу – 60 0,5 л/т, тебу – 60 2 л/т, грандсил ультра 0,05 л/т, грандсил ультра 0,5 л/т, грандсил ультра 2 л/т

В каждом варианте обрабатывали и высевали 500 семян (по 125 зерен на делянку при 4-х кратной повторности). Посев проводили вручную, расстояние между рядками 15 см, между семенами в рядке 4 см, площадь делянки 1 $м^2$.

Во втором поколении (M_2) посемейно высевали семена с главного колоса растений первого поколения. На протяжении всего периода вегетации велась работа по отбору измененных растений по признакам, отличающимся от ис-

ходного сорта контроля. Выделяли семьи с хлорофилльными мутациями, которые являются своеобразным тестом оценки генетического действия мутантных факторов. Типы хлорофилльных мутаций определяли по классификатору, разработанному Ю. Калом, Т. Орав. Проводили отбор семей с видимыми морфологическими (форма куста, кустистость, длина стебля, форма, длина и плотность колоса, длина остей, число зерен в колосе и их масса) и физиологическими изменениями (наступление основных фенофаз развития, сроки созревания, антоциановая окраска и восковой налет). Растения с изменениями этикетировались и убирались отдельно.

Во втором поколении проводили группировку выделенных растений по измененным признакам, определяли частоту изменений ячменя как отношение количества семей с отклонениями к общему количеству проанализированных в варианте семей.

Для оценки изменчивости количественных признаков определяли основные статистические характеристики: среднюю арифметическую количественных показателей (x), ошибку средней арифметической (Sx), коэффициент вариации (Cv) и другие (Доспехов, 1985).

Существенность различий между опытными вариациями и контролем устанавливали с помощью критерия Стьюдента (t_{st}).

Данные, полученные в опыте, варианты (выборки), которые связаны n-количеством повторений, обрабатывали с помощью дисперсионного анализа для однофакторных экспериментов. По критерию Фишера (F) устанавливали наличие вариантов, существенно отличающихся от остальных, а критерий наименьшей существенной разницы НСР=t_{st} показывал предельную ошибку разности двух выборочных средних (Доспехов, 1985).

Во втором поколении проводится отбор измененных растений и семей по признакам, отличающим их от стандартного сорта – контроля.

Хлорофилльные мутации позволяют судить о наследственных изменениях растений уже во втором поколении, в то время как по другим видимым изменениям говорить о мутагенном действии факторов можно лишь в третьем поколении.

В 2013 году во втором поколении хлорофилльные мутации были выделены во всех вариантах опыта, кроме контроля. Всего в опыте отмечено 15 семей с хлорофилльными изменениями. Максимальная частота мутаций установлена в вариантах: скарлет 0,04 л/т – 1,26%, тебу – 60 2 л/т – 1,84%, грандсил ультра 0,05 л/т – 1,44%.

При увеличении нормы расхода препарата тебу прослеживается увеличение абсолютного выхода семей с хлорофилльными изменениями с 0,8 до 1,84%. В варианте с препаратом скарлет также наблюдалась некоторая зависимость между концентрацией препарата и числом мутаций: при повышении концентрации с 0,04 до 2 л/т частота хлорофилльных мутаций снизилась в 2 раза. В спектре хлорофилльных нарушений отмечены мутации типа: albina – белые растения; claroviridis – светло-зеленые; xanthotigrina – чередуются зеленые и желтые поперечные полосы; clorotica – бледно-желто-зеленые.

Максимальное разнообразие хлорофилльных мутаций – 3 типа наблюдалось в варианте тебу 2 л/т, где встречались такие мутации, как xanthoviridis, claroviridis, clorotica. Мутация типа claroviridis была определяющей на обработку семян препаратом тебу 60.

Хлорофилльные нарушения одного типа выделены в вариантах: скарлет 0,4 л/т, скарлет 2 л/т, тебу – 0,05 л/т.

44,0% всех хлорофилльных изменений составляют мутации claroviridis. Данный тип изменений зарегистрированы в вариантах опыта: тебу 2 л/т и грандсил ультра 0,05 л/т. На втором месте по встречаемости находятся мутации chlorotica, которая наблюдалась в тебу 60 0,5 л/т.

Таким образом, химические протравители семян тебу 60 и скарлет индуцируют у ячменя большое разнообразие хлорофилльных изменений, чем в контроле.

Во всех вариантах опыта выявлено достоверное увеличение выхода измененных семей относительно контроля. Наблюдалось существенное различие по частоте морфофизиологических изменений между вариантами.

Максимальная частота семей с морфофизиологическими изменениями отмечена в варианте с химическим протравителем грандсил ультра 0,5 л/т 5,6%. Увеличение нормы расхода препаратов скарлет и тебу соответственно приводило к снижению измененных семей на 62%.

В то же время увеличение нормы расхода препарата грандсил ультра 2 л/т не приводило к появлению морфологических и физиологических изменений.

Рядом авторов утверждается наличие связи между частотой хлорофилльных мутаций и выходом морфофизиологических отклонений у растений.

Результаты наших исследований также подтверждают существование корреляции между частотами хлорофилльных и морфофизиологических изменений. Можно предположить, что существование или отсутствие связи между выходом хлорофилльных мутаций и морфофизиологических изменений, вероятно, зависит от используемого мутагенного фактора и генотипа объекта.

Изменчивость ячменя характеризуется не только количеством выделенных измененных форм, но и их разнообразием. Для практической селекции наиболее важен спектр индивидуальной изменчивости.

Во втором поколении под воздействием протравителей семян были выделены следующие типы новообразований ярового ячменя, отличающихся от исходного сорта Нур: стелющаяся и промежуточная форма куста; сильная и слабая кустистость; широкая и узкая листовая пластинка; ослабленный восковой налет; раннее и позднее наступление фаз кущения, выхода в трубку и колошения; длинный и короткий стебель и колос; повышенное число колосков и масса зерна с главного колоса; раннее и позднее созревание; прикорневое прилегание (пониженная устойчивость к полеганию).

Максимальное число типов морфологических и физиологических изменений – 19 отмечено в варианте скарлет 0,04 и 2,0 л/т, а наименьшее –16 семей в вариантах: тебу 0,05 л/т, грандсил ультра 0,5 л/т.

При увеличении нормы расхода препарата уменьшается выход новообразований. Под действием препарата скарлет не происходило увеличения числа

семей с новообразованиями при увеличении нормы расхода. Увеличение нормы расхода препарата тебу в 10 раз ведет к снижению спектра морфологических и физиологических изменений в 1,2 раза. Во всех вариантах опыта выделены формы с изменениями: с повышенной общей и продуктивной кустистостью; высоким стеблем и длинным колосом; повышенным числом колосков в колосе.

В варианте тебу с нормой расхода 0,05 и 0,5 л/т преобладают такие изменения как повышенная общая кустистость, продуктивная кустистость, высокий стебель, высокая продуктивная кустистость, раннее созревание.

При уменьшении нормы расхода препарата тебу до 0,05 л/т в опыте наблюдается уменьшение частоты таких изменений как общая кустистость до 5 семей, высокий стебель до 5 семей, длинный колос не встречается, а при максимальной норме расхода выделена 1 семья.

В варианте тебу 0,05 л/т выделено 2 семьи с широкой листовой пластинкой.

В вариантах с препаратами скарлет 0,04 и 2 л/т - получено по 6 скороспелых семей и тебу 0,05 и 0,5 л/т - получено по 7 скороспелых форм соответственно, в то время как в блоке с препаратом грандсил ультра было отмечено от 2 до 4 семей.

Препараты скарлет 0,04 и 2 л/т индуцировали выход семей с ранним колошением и созреванием по 6 и 7 семей соответственно. В других вариантах опыта число таких семей колебалось от 2 до 4. В контроле (семена, обработанные водой) не выявлены семьи, отличающиеся от исходного сорта контроля сорта Нур.

Таким образом, химические системные протравители семян грандсил ультра, скарлет, тебу 60, являются источниками морфологической и физиологической изменчивости ячменя во втором поколении.

Литература

Андреева Е. И., Зинченко В. А. Биологическая активность и механизм действия системных фунгицидов. М.: Изд-во МСХА, 1995. 60 с.

Доспехов В. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 208 с.

Помелов А. В. Мутагенное действие фунгицидов – протравителей семян на культуру ячменя: Материалы научной сессии. Кировский филиал РАЕ, Кировское областное отделение РАЕН. Киров, 2004. С. 204–206.

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД

М. А. Фокин, А. В. Помелов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

mifo1978agro@mail.ru

На кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА оценка пестицидов на мутагеннную активность проводится

с 1999 г. В качестве биотеста используется культура ярового ячменя. Выявлена мутагенная активность фунгицидов и ряда биопрепаратов таких как агат 25К, альбит (Дудин, 2008).

Дозы и концентрации мутагена устанавливаются экспериментальным путем так, чтобы они могли обеспечить высокую выживаемость растений. В зависимости от химического состава и строения мутагенные вещества могут вызвать полиплоидию, точковые мутации, хромосомные перестройки (Дудин, 2009).

Наиболее полный обзор по мутагенному действию старых пестицидов приведен в работе А. И. Куринного (1976). Установлено, что гербицид 2,4-Д вызывает митотические и мейотические хромосомные аберрации в M_1 и хлорофильные мутации во втором поколении ячменя.

Мутагенное действие современных гербицидов на культуру ячменя изучено слабо. Поэтому представляет интерес выявить не только защитное действие гербицидов балерина, ланцелот, суперстар и рефери, но и их мутагенную активность на ячмене. Это системные избирательные гербициды широкого спектра действия против однолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д, некоторых многолетних сорняков на посевах зерновых культур.

Цель исследований – выявить хлорофилльные мутации и морфофизиологическую изменчивость ярового ячменя сорта Изумруд.

Исследования проводились на учебно-опытном поле Вятской ГСХА на дерново-подзолистые среднесуглинистой почве.Объектом для исследований был выбран яровой ячмень сорта Изумруд (*Hordeum sativum*). В 2012 г. посев нулевого поколения (M_0) проводился семенами ячменя сорта Изумруд на делянках площадью 1 м^2, повторность четырехкратная. Норма высева 500 семян на 1 м^2. Посевы ячменя в фазу кущения опрыскивали гербицидами ланцелот, вдг (30 и 150 г/га), балерина, сэ (0,3 и 1,5 л/га), суперстар, вдг (20 и 100 г/га), рефери, вгр (0,3 и 1,5 л/га). Расход рабочей жидкости использовали 200 литров рабочего раствора на 1 гектар посевов. Контролем служили растения ячменя, обработанные водой (200 л/га).

В 2013 г. семена, взятые с нулевого поколения, высевали на делянках площадью 1 м^2, повторность четырехкратная. Норма высева 125 семян на 1 м^2. В нулевом и первом поколении проводился учет всхожести семян, фенологические наблюдения, анализ элементов структуры продуктивности растений ячменя.

В 2014 г. во втором поколении (M_2) посемейно высевали семена с главного колоса от всех продуктивных растений первого поколения.

С момента появления массовых всходов на протяжении всего периода вегетации выделяли семьи с хлорофилльными мутациями, используя классификацию, разработанную Ю. Калам, Т. Орав (1974), проводили отбор растений с видимыми морфологическими и физиологическими отклонениями от исходного сорта.

В M_2 проводили группировку выделенных растений по измененным признакам, определяли частоту изменений ячменя по отношению количества семей с отклонениями к общему количеству семей в варианте. При оценке показате-

лей альтернативной (качественной) изменчивости определяли долю признака (p_1, p_2 и т. д.) и стандартную ошибку доли (Sp) по Б. А. Доспехову (1985).

В 2012 году при обработке растений ячменя в фазу кущения гербицидом Ланцелот (30 г/га) наблюдалось достоверное увеличение длины стебля, а гербицидом Рефери (1,5 л/га) – снижение. Продуктивная кустистость увеличилась на достоверную величину только при опрыскивании растений гербицидом Рефери в завышенной норме расхода, что, возможно, связано с более низким числом растений на 1 м^2 (табл. 1).

Таблица 1

Влияние гербицидов на элементы структуры продуктивность растений ячменя в нулевом поколении, 2012 г.

Вариант	Длина стебля, см	Кустистость		Длина колоса, см	Число зерен, шт.	Масса зерна, г
		общая	продук дук-тивная			
1. Контроль, обр. водой	51,7	2,23	2,23	6,1	19,0	0,83
2. Ланцелот, вдг, 30 г/га	55,7*	2,68	2,60	5,9	18,0	0,78
3. Ланцелот, вдг, 150 г/га	51,6	2,48	2,33	6,7	17,7	0,75
4. Балерина, сэ, 0,3 л/га	50,4	2,50	2,48	5,8	17,6	0,74*
5. Балерина, сэ, 1,5 л/га	51,0	2,43	2,28	6,3	17,8	0,73
6. Суперстар, вдг, 20 г/га	52,1	2,80	2,60	6,1	17,7	0,82
7. Суперстар, вдг, 100 г/га	53,1	2,68	2,55	6,3	16,9*	0,76
8. Рефери, вгр, 0,3 л/га	50,6	3,00*	2,83	5,8	16,6*	0,68*
9. Рефери, вгр, 1,5 л/га	46,4***	3,28***	3,13**	5,5	17,2	0,75

Примечание: * – различия достоверны при уровне значимости P > 0,95; ** – различия достоверны при уровне значимости P > 0,99; *** – различия достоверны при уровне значимости P > 0,999.

Важным элементом продуктивности ячменя является масса зерна колоса. Масса зерна колоса снизилась на достоверную величину по сравнению с контролем при обработке растений гербицидами балерина (0,3 л/га) и рефери (0,3 л/га). При применении всех изучаемых гербицидов число зерен было ниже, чем в контроле. Озерненность колоса была достоверно ниже в варианте 7 и 8.

Таким образом, наиболее сильное воздействие на продуктивность растений ячменя в M_0 оказал гербицид Рефери. Данный гербицид в оптимальной норме расхода оказал отрицательное действие на число зерен и массу зерна колоса, а в завышенной норме расхода стимулировал продуктивную кустистость и ингибировал линейный рост стебля.

Таблица 2

Влияние гербицидов на элементы структуры продуктивность растений ячменя в нулевом поколении, 2013 г.

Вариант	Кустистость		Длина стебля, см	Длина колоса, см	Число зерен, шт.	Масса зерна, г
	общая	продук-тивная				
1. Контроль, обр. водой	5,8	4,8	46,1	11,7	24,0	1,2
2. Ланцелот, вдг, 30 г/га	5,8	4,6	45,8	11,3	18,0	1,2

Вариант	Кустистость		Длина стебля, см	Длина колоса, см	Число зерен, шт.	Масса зерна, г
	общая	продуктивная				
3. Ланцелот, вдг, 150 г/га	6,7	5,7	48,4*	11,5	24,0	1,1
4. Балерина, сэ, 0,3 л/га	6,2	5,1	49,7**	12,5*	23,8	1,2
5. Балерина, сэ, 1,5 л/га	6,6	5,7	48,6*	12,3	22,4	1,2
6. Суперстар, вдг, 20 г/га	7,7*	6,6*	49,9	10,9	22,7	1,1
7. Суперстар, вдг, 100 г/га	6,3	5,2	47,3	10,6	23,4	1,2
8. Рефери, вгр, 0,3 л/га	5,9	4,9	45,6	11,0	22,6	1,2
9. Рефери, вгр, 1,5 л/га	5,8	5,0	46,4	11,5	22,3	1,1

Примечание: * – различия достоверны при уровне значимости P > 0,95; ** – различия достоверны при уровне значимости P > 0,99.

В 2013 г. наиболее сильное положительное последействие на продуктивную кустистость проявил гербицид суперстар в рекомендуемой норме расхода 20 г/га (табл. 2). Гербициды не оказали существенного влияния в M_2 на массу зерна колоса. Максимальная длина стебля и колоса была при обработке растений препаратом балерина в рекомендуемой норме расхода.

В 2014 г. во втором поколении в результате опрыскивания растений ячменя в нулевом поколении гербицидами ланцелот, балерина и рефери были выявлены хлорофилльные мутации, которые являются наиболее простым и доступным методом оценки мутагенного действия препаратов на растения (табл. 3).

Таблица 3

Частота хлорофилльных мутаций, морфологических и физиологических изменений растений ячменя в M_2

Вариант	Высеяно семей, шт	Хлорофилльные мутации		Морфофизиологические изменения	
		Шт	Частота, %	Шт	Частота, %
1. Контроль, обр. водой	145	0	0	0	0
2. Ланцелот, вдг, 30 г/га	133	3	2,26*	7	5,26**
3. Ланцелот, вдг, 150 г/га	137	3	2,19*	1	0,70
4. Балерина, сэ, 0,3 л/га	101	2	1,98	8	7,92***
5. Балерина, сэ, 1,5 л/га	118	1	0,85	4	3,39*
6. Суперстар, вдг, 20 г/га	104	0	0	4	3,85*
7. Суперстар, вдг, 100 г/га	147	0	0	4	2,72
8. Рефери, вгр, 0,3 л/га	108	1	0,58	5	4,63*
9. Рефери, вгр, 1,5 л/га	119	1	0,84	3	2,52**

Примечание: * – различия достоверны при уровне значимости P > 0,95; ** – различия достоверны при уровне значимости P > 0,99; *** – различия достоверны при уровне значимости P > 0,999.

Частота хлорофилльных нарушений колебалась от 0, 58 до 2,26%. Преобладали мутации типа albina, alboviridis. При обработка растений гербицидами ланцелот и балерина в завышенных нормах расхода (в 5 раз) частота хлорофилльных мутаций снижалась, а при применении рефери – увеличивалась по сравнению с рекомендованной нормой расхода. Максимальная частота таких изме-

нений была получена при обработке растений препаратом ланцелот с рекомендованной нормой расхода 30 г/га (2,26%). Во втором поколении по три типа хлорофилльных мутаций было выявлено при обработке растений гербицидами ланцелот (30 и 150 г/га), балерина (0,3 л/га), рефери (1,5 л/га).

Во втором поколении кроме хлорофилльных мутаций в вариантах с обработкой гербицидами были выделены семьи с морфофизиологические изменения, частота которых была в пределах 0,70–7,92%.

Наибольшее количество семей с морфофизиологическими отклонениями (8 семей) отмечено в варианте ланцелот (0,3 л/га). С увеличением нормы расхода гербицидов происходит снижение частоты выхода изменённых форм.

Таким образом, при обработке растений ячменя сорта Изумруд гербицидами во втором поколении выявлены хлорофилльные мутации с частотой 0,58 до 2,26%, выделены семьи с морфофизиологическими изменениями (частота 0,70–7,92%), в том числе и с полезными признаками (скороспелые, короткостебельные, с высокой продуктивностью колоса).

Литература

Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник с.х. наук. 2008. № 6. С. 26–31.

Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 208 с.

Калам Ю. И., Орав Т. А. Хлорофилльная мутация. Таллин: Валгус, 1974. 59 с.

Куринный А. И., Пилинская М. А. Исследование пестицидов как мутагенов внешней среды. Киев: Наукова Думка, 1976. 114 с.

ЗОЛЬНЫЙ СОСТАВ И ПРОТЕИНОВАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ТРАВОСТОЕВ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО

А. П. Кислицына [1, 2]***, О. А. Чеглакова*** [1, 2]

[1] *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

[2] *НИИСХ Северо-Востока*

При адаптивно-ландшафтной организации земледелия значительные площади непригодной для севооборотного использования пашни отводятся под залужение, что позволяет предотвратить их зарастание мелколесьем. Одной из перспективных культур для этих целей является лядвенец рогатый. Лядвенец рогатый способен произрастать и фиксировать азот воздуха на малоплодородных, кислых почвах, обладает хорошей зимостойкостью, засухоустойчивостью, отзывчивостью на увлажнение и может повышать адаптационную способность агрофитоценозов, созданных с его участием.

Цель нашей работы – оценить изменение зольного состава и протеиновой питательности лядвенца рогатого, возделываемого в одновидовых и смешанных посевах при многолетнем хозяйственном использовании

Исследования проводились в двух полевых опытах отдела полевого кормопроизводства НИИСХ Северо-Востока с 2000 по 2010 гг.

Почва опыта – дерново-подзолистая среднесуглинистая, с низким содержанием гумуса, повышенным содержанием подвижного фосфора и средним - обменного калия, рНсол – 4,8...5,3. Изучались сорта многолетних трав, районированные в области: лядвенец рогатый Солнышко, тимофеевка луговая Ленинградская 204, ежа сборная Хлыновская, кострец безостый Моршанский 312.

Предшественник – однолетние травы. Посев беспокровный. Фосфорно-калийные удобрения вносили по 90 кг/га д.в. перед посевом и ежегодно весной в подкормку по 60 кг/га. Азотные удобрения - перед посевом бобово-злаковых травосмесей по 60 кг/га д.в. Семена лядвенца рогатого перед посевом скарифицировали и обрабатывали ризоторфином. Норма высева лядвенца рогатого в одновидовом посеве 12 кг/га, в двухкомпонентных смесях – 75%, в трехкомпонентных смесях – 60% от посева в чистом виде. Норма высева злаковой культуры в смесях – 35% от посева в чистом виде. Использование травостоев двуукосное. Первый укос проводился в фазу массового цветения бобовых трав, второй – в конце августа при высоте растений 50–60 см за 30–40 дней до окончания вегетации.

Проведенные исследования показали, что все изучаемые агрофитоценозы обладают высоким продуктивным долголетием. Уровень продуктивности одновидовых, двух и трехкомпонентных агрофитоценозов лядвенца рогатого в среднем по двум закладкам опытов составил от 7,47 до 7,72 т/га сухого вещества.

Таблица

Содержание питательных веществ в сухой массе многолетних трав, (среднее за 2004-2009 годы, 2 закладка, 1 укос)

Варианты опыта	Массовая доля в сухом веществе, % а.с.в.			
	сырой протеин	калий	кальций	фосфор
Лядвенец рогатый	14,52	2,40	0,89	0,27
Лядвенец + тимофеевка луговая	12,05	2,28	0,83	0,26
Лядвенец + ежа сборная	9,08	2,34	0,77	0,28
Лядвенец + клевер луговой	13,69	2,29	1,00	0,25
Лядвенец + клевер луговой + кострец безостый	9,93	2,26	0,66	0,29
Лядвенец + клевер луговой + тимофеевка луговая	12,34	2,23	0,87	0,24
Лядвенец +клевер гибридный + тимофеевка луговая	11,63	2,34	0,83	0,26

Определяющим показателем питательной ценности кормовой массы является содержание протеина в сухом веществе. Во все годы наблюдения одновидовые посевы лядвенца рогатого имели высокое содержание сырого протеина (13,3... 18,1%). В смешанных посевах с злаковыми травами содержание сырого протеина было ниже – 9,1... 14,5%. Начиная с 4-го года хозяйственного использования в одновидовые посевы лядвенца и его травосмеси с клевером луговым внедряются не сеяные виды злаковых трав. Содержание протеина

снижается и зависит, как и в бобово-злаковых травосмесях, от соотношения культур в структуре урожая. Коэффициенты корреляции содержания сырого протеина с содержанием злаковых трав в смеси составляют – 0,75.. .0,89, на 0,05% уровне значимости.

В среднем за годы наблюдений высокая концентрация протеина, соответствующая зоотехническим нормам (больше 12%), в первом укосе получена в одновидовых травостоях лядвенца и его бинарных смесях с клевером луговым, тимофеевкой луговой и их трехкомпонентном посеве (табл.). Во втором укосе во все годы наблюдений содержание протеина в зеленой массе было выше, чем в первом на 2..3%..

Важный показатель качества травянистых кормов для жвачных животных – их минеральный состав. Анализ химического состава зеленой массы изучаемых культур показал, что содержание сырой золы и основных зольных элементов изменяется в зависимости от укоса, погодных условий и структуры травостоя.

В первом укосе содержание сырой золы в сухом веществе одновидовых посевов лядвенца рогатого и его смесей составляло 7,61-8,85%. Вторые укосы характеризовались более высокой концентрацией зольных элементов, особенно травосмеси с включением клевера лугового.

Наибольший удельный вес из зольных элементов в вегетативной массе растений имеет калий. При кормлении животных содержание калия 1..2,5% на сухое вещество считается оптимальным. Превышение этих концентраций в кормовой массе может привести к заболеванию животных, а иногда и к гибели (Харьков, 2000).

В наших опытах содержание калия в кормовой массе было выше оптимального. В первом укосе в первый год хозяйственного использования в одновидовых посевах лядвенца рогатого и его двойных травосмесях и ежой сборной оно составило 2,82 и 2,66% на а.с.в. соответственно. В последующие годы (второй, третий и четвёртый), содержание калия в первых укосах всех вариантов опыта не превышало допустимых пределов. К пятому и шестому году хозяйственного использования, когда происходило увеличение в травостоях не сеяных видов злаковых трав (ежи сборной) концентрация калия возрастала, но не достигала предельных значений. На накопление калия в вегетативной массе трав влияют и погодные условия. Если во время активного роста трав преобладала теплая погода и выпадало большое количество осадков, содержание калия в растениях увеличивалось, но рекомендуемые показатели превышало незначительно. Например, в 2008 году, когда период формирования первого укоса выпало 130% климатической нормы, содержание калия в одновидовых травостоях лядвенца рогатого и его смешанного посева с ежой сборной достигало 2,58...2,82%.

Во вторых укосах превышение допустимого уровня калия было только в травостоях на основе лядвенца рогатого на шестой год хозяйственного использования во 2-й закладке опыта. Период формирования укоса отличался большим количеством осадков, гидротермический коэффициент 1,62, и тёплой погодой.

Одним из условий рационального кормления животных является обеспечение организма животных жизненно необходимыми минеральными веществами, такими как фосфор и кальций, которые составляют основу костной ткани. Несмотря на то, что содержание фосфора в почве было достаточно высоким, содержание его в вегетативной массе трав в первый год хозяйственного использования было невысоким (0,18...0,2%), что, по-видимому, связано с недостаточностью развития корневой системы. В последующие годы содержание его повышалось и составляло, от 0,23 до 0,36%. Содержание фосфора в растениях в годы с тёплой и влажной погодой во всех травостоях возрастало. Согласно литературным данным даже при высоком содержании фосфора в почве избыточного поглощения его не наблюдается и трудно бывает поднять его содержание в кормах выше 0,65% (Клапп, 1965; Фигурин, 2013).

Содержание кальция в кормовой массе по зоотехническим нормам должно быть не ниже 0,4% (Андреев, Тельдюков, 1977). Концентрация его в одновидовых посевах лядвенца рогатого и в травосмесях с включением клевера лугового во все годы исследований была высокой - от 0,8 до 1,38% и в среднем за годы исследования составила 0,9... 1,0%. В бобово-злаковых посевах с возрастанием доли злаков в урожае концентрация кальция в сухом веществе снижалась. Во вторых укосах содержание кальция превышало его содержание в первых укосах во все годы наблюдений, что связано с преобладанием лядвенца рогатого в структуре урожая.

Также как и содержание калия, концентрация кальция во втором укосе в годы с тёплой и влажной погодой в период формирования урожая (2008 и 2009 гг.) была выше.

Таким образом, одновидовые посевы лядвенца рогатого и смешанные травостои на основе лядвенца рогатого длительное время (в течение пятишести лет) сохраняют высокую продуктивность, растительная масса по содержанию сырого протеина и основных зольных элементов соответствует зоотехническим требованиям. Многолетнее возделывание трав на выведенных из севооборотного использования землях позволит решить экологическую проблему – зарастание посевных площадей сорной и древесно-кустарниковой растительностью.

Литература

Андреев Н. Г., Тюльдюков В. А. Теория и практика луговодства. М.: Россельхозиздат, 1977. 632 с.

Клапп Э. Сенокосы и пастбища. / Под общ. ред. Т. А. Работнова. М.: Сельхозиздат, 1961. 613 с.

Харьков Г. Д. Повышение эффективности полевого травосеяния и его роль в решении проблемы производства кормов в лесной зоне европейской части России: Автореферат дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 2000. 102 с.

Фигурин В. А. Выращивание многолетних трав на корм.ГНУ НИИСХ Северо-Востока Россельхозакадемии, Киров, 2013. 186 с.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД В СТАРОВОЗРАСТНОМ ЕЛЬНИКЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Н. В. Торлопова, Е. А. Робакидзе, К. С. Бобкова
Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,
torlopova@ib.komisc.ru

Природные воды определяют химию земной коры, а основным субстратом жизни растений являются почвенные воды (Вернадский, 1960). Они питаются за счет атмосферных осадков, а также за счет внутрипочвенных процессов (биогенных и абиогенных) и влияют на миграционную способность жизненно важных химических элементов в земной коре. Лизиметрические воды, свободно протекающие по крупным почвенным порам под действием гравитационных сил, тесно связаны с атмосферными осадками и грунтовыми водами и характеризуют не только функционирование экосистемы, но и ландшафта. Атмосферные осадки, кроме транспорта воды и тепла, активно участвуют в переносе масс твердых веществ и являются важным источником питания растений лесных фитоценозов. В лесных сообществах древесный ярус оказывает существенное влияние на количество и качество осадков, поступающих на поверхность почвы (Лукина, Никонов, 1996).

Цель данной работы – изучение динамики химического состава атмосферных и лизиметрических вод при прохождении по профилю старовозрастного ельника средней тайги Республики Коми.

Исследования проводили на территории Ляльского лесоэкологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН как условно фонового района в подзоне средней тайги (62°17′ с.ш. 50°40′ в.д.). Ближайший источник атмосферного загрязнения – предприятие целлюлозно-бумажного производства, располагается в 50 км к югу от стационара. Древостой ельника разнотравно-черничного V класса бонитета, смешанный по составу: при доминировании ели присутствуют береза, сосна, пихта, редко осина. Подлесок редкий, представлен единичными кустами ив, можжевельника, рябины, шиповника, жимолости. В травяно-кустарничковом ярусе ельников доминируют черника, брусника, кислица, седмичник. Из мхов преобладают *Pleurozium schreberi* (Brid). Mitt. и *Polytrichum commune* (Hedw.). Ельник расположен на очень пологом юго-восточном склоне водосборной площади ручья Мая, развивается на подзолистой супесчаной почве, подстилаемой суглинком. Согласно геохимической классификации А.И. Перельмана (1961) исследуемая территория относится к западнотаежным ландшафтам (Б 1) с кислым классом водной миграции (III-H^+-класс). Атмосферные осадки в этих ландшафтах являются компенсаторами элементов минерального питания в биологическом круговороте и, благодаря высокой влажности почвы, создают условия для вымывания из нее подвижных форм всех элементов.

Установка семплеров и сбор образцов осадков и лизиметрических вод проводится согласно общепринятым международным методикам (Manual..., 2002). Для сбора осадков использовали ПЭТ-бутыли с воронками с диаметром

приемной поверхности 18 см, в 15-кратной повторности, которые размещались на расстоянии 5 м друг от друга под кронами елей, берез и в «окнах» между кронами. Воды, свободно стекающие по почвенному профилю под влиянием гравитации, собираются в лизиметры с диаметром приемной поверхности 20 см, расположенные под каждым из горизонтов: A_0 (органогенным), A_2 (подзолистым), A_2B (иллювиальным) в четырехкратной повторности. Осадки и лизиметрические воды собирали ежемесячно в течение сезона (июнь-октябрь). Одновременно отбирали воду из водосборного ручья Мая для анализа поверхностного стока. Количественный химический анализ проб природных вод проводили в экоаналитической лаборатории ИБ Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257).

Важным показателем, характеризующим природные воды, является их кислотность. Кислотность почвенных вод изменяется в течение сезона от 5,7 в июне до 5,3 в осенние месяцы, а по мере прохождения вниз по профилю от 5,0 в водах из-под органического горизонта до 6,1 из-под иллювиального горизонта. Таким образом, по содержанию иона водорода почвенные воды, как и дождевые осадки, прошедшие сквозь кроны древостоя, относятся к слабокислым, при средней величине pH 5,5±0,5. Воды поверхностного стока, отобранные из ручья, более щелочные: pH изменяется от 6,2 в июне, сентябре и октябре до щелочной (pH 9,0) в июле и слабощелочной (pH 8,1) в августе.

Общее содержание азота в почвенных водах максимально в июне и октябре, минимально в июле, затем постепенно повышается к октябрю. По профилю почвы концентрация азота уменьшается незначительно, в пределах 10%.

В составе почвенных вод еловых сообществ отмечена высокая вариабельность (48%) концентрации растворенного органического углерода. В зависимости от периода вегетации его содержание в почвенных водах варьирует от 225 в подстилочных водах за сентябрь до 5 мг/дм^3 в воде из-под иллювиального горизонта в июне. В водах из ручья и осадках, прошедших полог древостоя, концентрация растворенного органического углерода ниже, чем в почвенных водах. В июле и августе его содержание снижается во всех изучаемых водах. Осенью концентрация органического углерода в ручейной воде, как и в жидких осадках, увеличивается с максимумом в октябре, тогда как в почвенных водах максимум в сентябре.

Состав природных вод, их общая минерализация составляют важную геохимическую характеристику (Вернадский, 1960). Содержание химических элементов в форме кислотных остатков (анионов) и катионов в водах, прошедших профиль экосистемы ельника, подвержено значительной вариабельности. В июле и августе минерализация почвенных вод держится примерно на одном уровне – 24 мг/дм^3. В сентябре она незначительно возрастает, а в октябре, как и в дождевых осадках, увеличивается в 1,6 раза и достигает 38 мг/дм^3. В поверхностных водах сумма минеральных элементов выше и динамика их содержания противоположна почвенным водам (рис.).

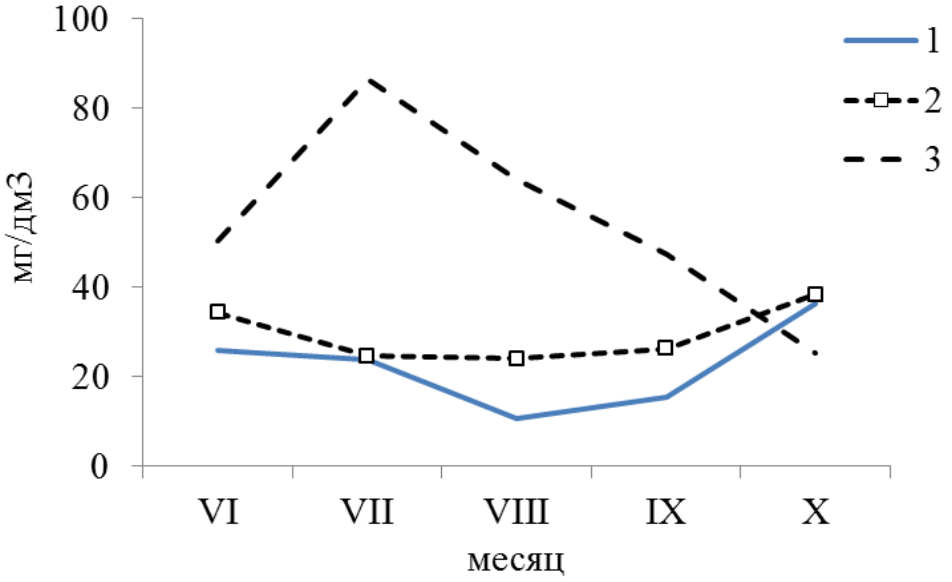


Рис. Сезонная вариабельность суммы минеральных элементов в осадках, прошедших кроны ельника (1), почвенных водах (2) и поверхностных водах (3)

Составлены ряды убывания концентраций ионов в дождевой воде под кронами ельников, лизиметрических водах и поверхностных водах ручья:

Осадки	$HCO_3^- > K^+ > Cl^- > Ca^{2+} > Na^+ > Mg^{2+} > SO_4^{2-} > NH_4^+ > PO_4^{3-} > NO_3^- > Fe^{2+,3+}$
Почвенные воды	$HCO_3^- > Si > Ca^{2+} > Cl^- > Mg^{2+} > SO_4^{2-} > Na^+ > K^+ > Al^{2+,3+} > Fe^{2+,3+} > NO_3^- > PO_4^{3-}$
Ручей	$HCO_3^- > Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > Cl^- > Fe^{2+,3+} > Al^{2+,3+} > K^+ > SO_4^{2-} > NO_3^- > PO_4^{3-}$

Приведенные данные показывают, что в ельнике на типичной подзолистой почве ряды расположения химических элементов в природных водах на последовательных этапах прохождения по профилю экосистемы, разные. Гидрокарбонаты являются наиболее значимой и вариабельной составляющей минерального состава природных вод. Их концентрация в осадках под кронами во многом определяются региональными источниками атмосферного загрязнения, как природными, так и техногенными. По метеоданным, гидрокарбонаты являются преобладающими анионами, содержащимися в атмосферных осадках. Согласно нашим исследованиям, дождевые воды, прошедшие через полог ельников, относятся к гидрокарбонатно-калиево-кальциевым. Лизиметрические воды характеризуются как гидрокарбонатно-кремниево-кальциевые. Воды ручья относятся к гидрокарбонатно-кальциево-магниевым с высоким содержанием железа и алюминия. В целом, почвенные воды более минерализованы, чем атмосферные осадки, проникающие сквозь кроны деревьев. Воды ручья насыщены минеральными элементами за счет его питания почвенными водами. Наблюдается сходная сезонная динамика содержания большинства химических элементов в дождевых осадках, прошедших сквозь полог древостоев ельников, лизиметрических почвенных вод и поверхностных вод ручья.

Литература

Вернадский В. И. История природных вод. Избр.соч. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 536 с.

Лукина Н. В., Никонов В. В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 1996. Ч. 1. 213 с.

Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest. Part III: http://www.icp-forests.org/pdf/manual3.pdf, 2002.

Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Гос. изд-во географ-й литер-ры, 1961. 496 с.

ВКЛЮЧЕНИЯ ВАКУОЛИ И ЦИТОПЛАЗМЫ В КЛЕТКАХ МЕЗОФИЛЛА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СТРЕССА

С. Н. Плюснина
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
pljusnina@ib.komisc.ru

Включения в растительных клетках некристаллической природы визуализируются на экране электронного микроскопа в виде округлых телец разной электронной плотности. Так как чаще всего вещества включений изымаются из оборота клетки на более или менее длительный период, некоторые из них называют запасающими глобулами. Локализация и состав запасающих глобул зависит от специализации клетки, объем – от ее функциональной активности. Поэтому накопление глобул разной природы будет иметь различную сезонную динамику, по-разному меняться при воздействии стресса. На микрографиях клеток ассимиляционной паренхимы древесных растений чаще всего просматриваются: гранулы крахмала и пластоглобулы в строме хлоропластов, липидные и белковые глобулы в гиалоплазме, танинсодержащее вещество в вакуоли, осмиофильное вещество в каналах эндоплазматического ретикулума.

Как правило, под воздействием стрессовых факторов в клетках мезофилла хвойных растений отмечается изменение парциального объема крахмала в хлоропластах. При этом при умеренных нагрузках в процессе адаптации и повышенного энергообмена отмечено его снижение, а при критических нагрузках – нарушение оттока крахмала и избыточное его содержание. Так, при близких уровнях аэротехногенного загрязнения в клетках мезофилла *Picea obovata* Ledeb. может наблюдаться снижение, а у более чувствительной сосны *Pinus sylvestris* L. – увеличение объема крахмального зерна в хлоропластах по сравнению с контролем. Уменьшение доли крахмала в зеленых пластидах отмечено также после воздействия низких температур на растущую хвою ели сибирской, и в неблагоприятных условиях гольцов на Приполярном Урале в листьях березы карликовой *Betula nana* L.

Пластоглобулы, основным компонентом которых являются триацилглицериды (Steinmfiller, Tevini, 1985), на микрографиях определяются как оптически плотные, округлые тельца в строме хлоропластов. В естественных условиях их избыточное накопление характерно для стареющих пластид (Ладанова, Тужилкина, 1992; Загирова, 1999; Kivimäenpää, Sutinen, 2007). По нашим данным под воздействием аэротехногенного загрязнения выбросами целлюлозно-

бумажного производства в клетках мезофилла *Picea obovata* отмечено увеличение числа пластоглобул на срезах хлоропластов по сравнению с контролем, при этом в зонах с незначительной антропогенной нагрузкой этот параметр может возрастать в 3 раза.

Липидные глобулы накапливаются также в гиалоплазме. В сформированных клетках мезофилла хвои *Picea obovata* их средняя площадь сечения составляет 0,13 мкм^2, чаще их можно встретить при сильной антропогенной нагрузке. На фоновых территориях и в зонах с умеренной степенью загрязнения преобладают более крупные (до 20 мкм^2) и менее оптически плотные запасающие глобулы, часто выдающиеся в пространство центральной вакуоли. Нами показано накопление подобных структур в фотосинтетических клетках хвои ели в зоне умеренного загрязнения выбросами целлюлозно-бумажного производства и их отсутствие в зоне сильного загрязнения.

В естественных условиях повышенный уровень фенольных соединений отмечается у хвойных при грибковых заболеваниях, повреждениях фитофагами, а также в неблагоприятных для произрастания местообитаниях (Полякова, Журова, 2012). Накопление танина в вакуолях клеток мезофилла является характерной реакцией хвойных растений на загрязнение окружающей среды (Плюснина, 2005). В хвое ели и сосны, произрастающих в зоне действия выбросов целлюлозно-бумажного комбината, танин в вакуолях, как правило, выявляется вдоль тонопласта в виде сплошного осмиофильного пояса или цепочки сферических телец разной величины. Аналогичное явление отмечено в клетках мезофилла хвои *Picea obovata* при воздействии на растущий побег отрицательных температур.

Таким образом, проанализировав динамику формирования включений различной природы в условиях стресса, выявляемых на микрографиях клеток мезофилла древесных растений, можно отметить следующее. Парциальный объем крахмальных зерен и число пластоглобул в хлоропластах, а также накопление танинов в вакуоли могут служить одним из диагностических признаков при оценке состояния ассимилирующих органов древесных растений под воздействием разнообразных стрессовых факторов.

Литература

Загирова С. В. Структура ассимиляционного аппарата и CO_2-газообмен у хвойных. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. 107 с.

Ладанова Н. В., Тужилкина В. В. Структурная организация и фотосинтетическая активность хвои ели сибирской. Сыктывкар, 1992. 97 с.

Плюснина С. Н. Влияние аэротехногенного загрязнения и охлаждения на структуру мезофилла хвои ели // Известия Самарского научного центра. Специальный выпуск «ELPIT – 2005». Самара, 2005. С. 151–155.

Полякова Л. В., Журова П. Т. Роль фенольных соединений в устойчивости географических культур сосны обыкновенной // Лесоведение. 2012. № 1. С. 22–28.

Kivimäenpää M., Sutinen S. Microscopic structure of Scots pine (*Pinus sylvestris* (L.)) needles during ageing and autumnal senescence // Trees. 2007. V. 21. P. 645–659.

Steinmfiller D., Tevini M. Composition and function of plastoglobuli // Planta. 1985. V. 163. P. 201–207.

СЕКЦИЯ 2
ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ПРЯМОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (ORTHOPTERA) ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

О. И. Кулакова, А. Г. Татаринов
Институт биологии КомиНЦ УрО РАН,
iduna@rambler.ru

Прямокрылые являются обязательным компонентом травянистых сообществ. Многие представители отряда, особенно саранчовые, известны как опасные вредители сельского хозяйства. На исследуемой территории крупного эколого-фаунистического изучения прямокрылых не проводилось. Для Республики Коми К. Ф. Седых указал 17 видов (Седых, 1974). Специально изучались фауна и население прямокрылых на территории Печоро-Илычского заповедника, где было выявлено 16 представителей отряда (Черняховский, 2005; Черняховский, 2007; Черняховский, 2010). По результатам оригинальных полевых исследований, обработки коллекционных материалов Зоологического музея СыктГУ, научного музея Института биологии, коллекции К. Ф. Седых автором доклада составлен список, содержащий 31 вид прямокрылых, зарегистрированных на территории таежной зоны Республики Коми (табл.). Более половины видового состава принадлежит к семейству Кобылки (Acrididae). Самыми распространенными являются кобылка болотная (*Stethophyma grossum*), коньки обыкновенный (*Chorthippus brunneus*) и лесной (*Ch. montanus*), кобылка бескрылая (*Podisma pedestris*).

Семейство Кузнечики (Tettigoniidae) насчитывает семь видов. Обычны в таежной зоне кузнечик серый (*Decticus verrucivorus*) и скачок зеленый (*Bicolorana roeselii*). На границе с Кировской областью (дер. Кобра) в 2011 г. была обнаружена локальная популяция пластинокрыла обыкновенного (*Phaneroptera falcata*). Семейство Gryllidae представлено одним синантропным видом – сверчком домовым (*Acheta domestica*), который обитает в жилых помещениях по всей таежной зоне. В южных агроценозах Республики Коми в последние десятилетия стала все чаще встречаться медведка обыкновенная (*Gryllotalpa gryllotalpa*) из семейства Gryllotalpidae.

Семейство Прыгунчики (Tetrigidae) представлено четырьмя видами, два из которых – прыгунчик темный (*T. fuliginosa*) и п. короткоусый (*T. bipunctata*) – распространены до тундровой зоны включительно. В коллекции К.Ф. Седых имеются 2 экз. триперста обыкновенного (*Xyavariegatus*), судя по этикеткам, собранные в Прилузском р-не Республики Коми. Однако присутствие этого степного вида вызывает большие сомнения. Вероятна ошибка в этикетации. Нами в ходе исследований в подзоне южной тайги он обнаружен не был, не

указывается и для Кировской области (Животный мир …, 1974), поэтому в состав региональной фауны пока включен условно. Наиболее богата фауна прямокрылых южной и средней тайги, где зарегистрировано 27 и 28 видов соответственно. К северу видовое богатство отряда закономерно снижается.

Таблица

Состав и зональное распространение прямокрылых на европейском северо-востоке России

Название вида	Южная тайга	Средняя тайга	Серверная тайга	Крайне-северная
Tettigoniidae				
Phaneroptera falcata (Poda)	+	-	-	-
Tettigonia viridissima L	+	+	-	-
T. cantans (Fuess.)	++	++	+	-
Decticus verrucivorus (L.)	+++	+++	++	++
Metrioptera brachyptera (L.)	+++	+++	++	+
Bicolorana bicolor (Phil.)	+	-	-	-
B. roeselii (Hagen)	+++	+++	++	+
Gryllotalpidae				
Gryllotalpa gryllotalpa (L.)	+	+	-	-
Gryllidae				
Acheta domestica (L.)	++	++	++	++
Tetrigidae				
Tetrix subulata (L.)	+++	+++	++	++
T. fuliginosa (Zett.)	+++	+++	+++	++
T. bipunctata (L.)	+++	++	++	+
T. tenuicornis (Sahlb.)	++	+	-	-
Acrididae				
Podisma pedestris (L.)	+++	+++	+++	++
Melanoplus frigidus (Boh.)	+	++	++	++
Chrysochraon dispar (Germ.)	++	++	+	-
Euthystira brachyptera (Ocsk.)	+	+	-	-
Podismopsis poppiusi (Mir.)	-	-	-	+
Omocestus viridulus (L.)	+++	+++	+++	++
O. haemorrhoidalis (Charp.)	+++	+++	++	+
Stethophyma grossum (L.	+++	+++	+++	++
Stenobothrus lineatus (Panz.)	+	+	-	-
Psophus stridulus (L.)	++	+	-	-
Myrmeleotettix maculatus (Thnb.)	+++	+++	++	+
Aeropus sibiricus (L.)	+++	+++	++	++
Chorthippus brunneus (Thnb.)	+++	+++	++	++
Ch. biguttulus (L.)	++	++	-	-
Ch. montanus (Charp.)	+++	+++	+++	++
Ch. albomarginatus (Deg.)	++	++	-	-
Ch. apricarius (L.)	++	++	+	-

Примечание. +++ – обычный, ++ – немногочисленный, + – редкий виды.

Литература

Седых К. Ф. Животный мир Коми АССР. Беспозвоночные. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1974. 192 с.

Черняховский М. Е. Заметки о фауне и экологии прямокрылых Печоро-Илычского заповедника // Труды Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2005. Вып. 14. С. 126–128.

Черняховский М. Е. Фауна и распределение прямокрылых насекомых (Orthoptera) верхней Печоры // Труды Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2007. Вып. 15. С. 87–88.

Черняховский М. Е. Прямокрылые насекомые (Orthoptera) береговых растительных ассоциаций по реке Илыч // Труды Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2010. Вып. 16. С. 202–203.

Животный мир Кировской области / Отв. ред. А. И. Шернин. Киров, 1974. Вып. II. 522 с.

МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПАУКООБРАЗНЫХ (ARACHNIDA: ARANEI, OPILIONES) И ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA: CARABIDAE) В ЛЕСАХ ШОРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Л. А. Триликаускас
Институт систематики и экологии животных СО РАН,
Шорский национальный парк, laimont@mail.ru

Мониторинг биоразнообразия является одним из ключевых направлений научных исследований в заповедниках и национальных парках. К сожалению, беспозвоночные все еще нечасто становятся объектами системных и долговременных исследований на российских особо охраняемых природных территориях (ООПТ) (Ананина, 2002, 2014; Потапова, 2002 и др.).

Шорский национальный парк расположен на крайнем юге Кемеровской области в пределах региона «Горная Шория», выделяемого в самостоятельный геоморфологический район, как переходная ступень от низкогорий Салаира и выровненных пространств Кузнецкой котловины к горным районам Алтая (Биологическое разнообразие ..., 2003). Территория национального парка представляет собой низкогорья и среднегорья. На горных склонах распространена преимущественно черневая тайга, которая с увеличением высоты сменяется темнохвойной. В регионе выпадает самое большое количество осадков в Сибири.

В качестве объектов исследований были выбраны группы членистоногих, таксономическое разнообразие и количественные характеристики которых дают основания считать их одними из наиболее значимых в исследуемых экосистемах горных лесов. Изучение различных аспектов населения пауков, сенокосцев и жуков семейства Carabidae в лесных экосистемах Шорского национального парка проводится с 2012 г.

Каждая из названных групп как объект исследований обладает как общими с другими группами, так и специфическими чертами биологии и экологии. Соответственно, в работе используются как общие, так и специальные методы работы.

Среди жужелиц, как известно, преобладают виды, населяющие напочвенный ярус и подстилку лесов. Основным методом сбора и учета этих насекомых

традиционно являются почвенные ловушки с фиксатором, применяемые и при сборах пауков и сенокосцев в герпетобии. В настоящее время работа по изучению этих групп в Шорском национальном парке ведется на 4-х модельных участках: *кедровнике папоротниково-черничном зеленомошном, березняке разнотравно-кустарниковом, в черневой тайге* и *в пихтаче крупнотравно-папоротниковом*. Количественный учет герпетобионтов проводится, во-первых, в разные сроки на протяжении сезона для получения максимально полной информации о сезонной динамике исследуемых групп и видовом составе населения, во- вторых – ежегодно во второй декаде июня для выявления фенологических особенностей конкретного года, которые неизбежно находят отражение в структуре таксоценов в фиксированный отрезок времени. В начале фенологического лета разнообразие и плотность пауков достигают максимальных значений, а получаемые сведения – высокой полноты. Этот отрезок времени также является оптимальным для исследования синэкологических параметров населения жужелиц. Количественные характеристики населения сенокосцев в районе исследований уже в июне имеют сравнительно высокие значения, а видовой спектр отражает реальное таксономическое разнообразие группы в исследуемых местообитаниях.

При проведении учетных работ одновременно делается краткое описание сезонных аспектов развития растительности, регистрируются фенофазы видов-эдификаторов растительного сообщества на каждом модельном участке при установке и проверке ловушек. С 2015 года начато использование автономных измерителей-регистраторов температуры DS 1921 G-F5, которые устанавливаются в почву на глубину 3–4 см.

Для исследуемых лесных экосистем, как и в целом для лесов региона характерно сравнительно слабое развитие подстилки в связи с тем, что благодаря большому снеговому покрову в регионе, процессы разложения растительных остатков идут быстрыми темпами и основная их масса разлагается в течение первой же зимы. Особенно ярко это проявляется на примере модельного участка «Черневая тайга». В меньшей степени это наблюдается на модельном участке «Березняк разнотравно-кустарниковый», что, по-видимому, связано с наибольшим, среди четырех вариантов исследуемых лесов, количеством листового опада, разлагающегося медленнее, чем надземные органы травянистых растений. Сравнительно хорошо развитый моховой покров имеется только в кедровнике и пихтаче, однако он различается по структуре, так как образован разными видами мхов. Учет особенностей состава и структуры подстилки, отслеживание температурного режима верхнего слоя почвы в сочетании с изучением структуры и динамики населения важнейших групп герпетобионтов дают ключ к пониманию механизмов влияния биотических и абиотических факторов на состав, распределение и динамику как этих групп в целом, так и их отдельных представителей. На всех четырех модельных участках в населении жужелиц оказались представлены и составляют существенную долю в таксоценах такие виды, как *Carabus aeruginosus* Fischer von Waldheim, 1820, *Carabus odoratus* Motschulsky, 1844 и *Pterostichus virescens* (Gebler, 1833). Это дает возможность проводить синхронные наблюдения за активностью и количественными

характеристиками популяций этих видов, располагая данными о динамике температуры в верхнем слое почвы и сезонном развитии каждого растительного сообщества. Аналогичные возможности имеются и для наблюдений за такими видами сенокосцев, как *Sabacon sergeidedicatum* Martens, 1989, *Mitopus morio* (Fabricius, 1779) и *Oligolophus tridens* (C.L. Koch, 1836). В отличие от жужелиц, жизненные циклы упомянутых выше видов сенокосцев имеют существенные различия. Идентификация этих видов даже по ювенильным экземплярам позволяет проводить ежегодные наблюдения не только за количественными характеристиками населения, но и за их фенологией и динамикой половозрастной структуры популяций в исследуемых местообитаниях.

Среди напочвенных пауков, к сожалению, не удалось выявить виды, на примере которых можно было бы организовать аналогичные наблюдения. В кедровнике (Триликаускас, 2014; Триликаускас, 2015) и черневой тайге (неопубл. данные) динамическая плотность пауков в течение всего сезона активности остается на низком уровне. Традиционно удобные для такого рода наблюдений пауки-волки (Lycosidae) в районе исследований малочисленны, в отдельные годы и вовсе выпадают из учетов. Среди видов, зарегистрированных на всех или более, чем на одном из модельных участков оказались лишь подстилочные тенетники-линифииды: *Anguliphantes cerinus* (C.L. Koch, 1879), *Gonatium rubellum* (Blackwall, 1841), *Walckenaeria koenboutjei* Baert, 1994 и др. Мелкие размеры и низкая динамическая плотность этих пауков затрудняют проведение аутэкологических исследований отдельных видов на модельных участках. Применительно к паукам в таких условиях возможны лишь синэкологические исследования. Вопрос малого количественного участия пауков в населении напочвенных членистоногих в лесах Горной Шории требует специального изучения, и работы по исследованию экологически близких им групп, таких как сенокосцы и жуки-жужелицы приобретают особое значение.

Среди представителей исследуемых таксонов паукообразных наряду с герпетобионтами, есть и обитатели верхних ярусов растительности. Так, крупный сенокосец *Mitopus morio* (Fabricius, 1779) является по своей ярусной приуроченности в Горной Шории герпето- и хортобионтом. Среди пауков, в травяно-кустарничковом, кустарниковом и древесном ярусах растительности встречаются представители нескольких семейств: Linyphiidae, Araneidae, Thomisidae и др. Необычайно высокий травостой, с видами, имеющими мощные стебли и крупные листья, характерный для лесов региона ограничивает применение такого известного метода сбора и учета беспозвоночных-хортобионтов, как кошение энтомологическим сачком. В то же время, на поверхности листьев ряда видов травянистых растений, таких как аконитy, борщевики, папоротники родов кочедыжник, страусник и др., возможно проведение количественного учета хортобионтов путем визуального осмотра растений и подсчета числа особей крупных видов или ловчих сетей на 1 м^2. Разумеется, такой подход применим только к тем видам, которые легко идентифицируются в естественных условиях. Среди пауков-хортобионтов следует отдельно упомянуть тенетника *Neriene emphana* (Walckenaer, 1841). Этот сравнительно крупный представитель семейства Linyphiidae в массе населяет травостой на всех четырех исследуемых

участках и легко идентифицируется по внешним признакам на преимагинальной стадии и во взрослом состоянии, благодаря чему, является удобным объектом для проведения синхронных наблюдений за фенологией, численностью вида и особенностями его пространственного размещения в условиях разного по архитектонике растительности пространства в различных типах лесов. В условиях Шорского национального парка возможен визуальный учет этого вида на 1 квадратный метр площади по ловчим сетям на всех четырех участках.

Описанные выше подходы к изучению экологии трех важнейших групп беспозвоночных не только позволили оценить их таксономическое и экологическое разнообразие, но и создали основу для изучения вопросов организации таксоценов и гильдий хищных членистоногих в различных вариантах горно-таежных экосистем юга Западной Сибири. Собираемая в процессе многолетних наблюдений информация позволит на примере таких слабо изученных групп как пауки и сенокосцы, исследовать вопросы взаимосвязи между динамикой численности и параметрами разнообразия, а также влияние особенностей среды обитания, прежде всего растительного покрова на различные стороны экологии групп в целом и отдельных видов.

Литература

Ананина Т. Л. Население жужелиц (Coleoptera, Carabidae) как индикатор состояния природных комплексов Баргузинского заповедника // Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных регионов, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда: Труды V региональной науч.-практ. конф. Барнаул, 2002. С. 12–18.

Ананина Т. Л. О влиянии метеоусловий на ход многолетней динамики численности индикаторных видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Баргузинского хребта (Северное Прибайкалье) // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16-19 сентября 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 641–644.

Биологическое разнообразие Алтае-Саянского экорегиона / Под ред. А. Н. Куприянова. Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2003. 156 с.

Потапова Н. А. Почвенные беспозвоночные (мезофауна) – 20 лет наблюдений в Окском заповеднике // Мониторинг сообществ на гарях и управление пожарами в заповедниках, М.: ВНИИ Природа, 2002. С. 57–65.

Триликаускас Л. А. О сезонных аспектах населения напочвенных членистоногих в кедровнике Шорского национального парка // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16-19 сентября 2014 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 644–647.

Триликаускас Л. А. Пауки и сенокосцы (Arachnida: Aranei, Opiliones) в структуре населения герпетобионтных членистоногих (раннелетний аспект) кедровника Горной Шории (Кемеровская область) // Проблемы региональной экологии. 2015. № 1. С. 16–20.

НАСЕЛЕНИЕ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA: CARABIDAE) ТУНДРОВЫХ СООБЩЕСТВ ХР. РАЙ-ИЗ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

О. А. Газизова
Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,
gazizova.olga@lenta.ru

Ниже изложены результаты анализа населения жужелиц тундровых сообществ хр. Рай-Из (Полярный Урал). Сбор материала осуществляли в июне–июле 2001 г. по стандартной методике почвенно-зоологических исследований (Гиляров, 1941), Описание фитоценозов осуществлялось согласно эвристико-статистическому методу описания растительности В. И. Василевича (1980). Исследованы три типа растительных сообществ: кустарничково-моховые и каменистые лишайниковые тундры, а также лиственничники лишайниковые. Для характеристики населения жужелиц использовали рекомендованные (Мэгарран, 1992) индексы разнообразия Шеннона (H'), выравненности Шиннона (E), доминирования Бергера-Паркера (обратная форма, $1/d_{bp}$), а также математические модели распределения видов по обилию, характеризующие значимость видов в топических группировках жужелиц.

Каменистые лишайниковые тундры (Rkt). Каменистые лишайниковые тундры обследованы нами на вершинах хребтов, которые представляют собой каменистые россыпи. Между камнями наблюдается редко растущие осоки и немногочисленные лишайники, характерно полное отсутствие кустарничков и какой-либо подстилки. Несмотря на суровость условий существования, мы обнаружили здесь шесть видов карабид (табл.). Таким образом, в каменистых лишайниковых тундрах выявлены два доминанта *Pterostichus brevicornis* и *Pterostichus kaninensis,* общая доля которых в сообществе составляет 71,43%. Среди других видов чаще встречается *Curtonotus alpinus* (14,29%). Единично отмечены также типичные представители тундровой фауны – *Pterostichus kokeili, P. dilutipes* и *Dicheirotrichus mannerheimi*. Кривые распределения видов по их обилию населения жужелиц каменистых лишайниковых тундр, описываются математической моделью лог-ряда (рис.), что говорит об относительно невысоком видовом богатстве и влиянии какого-то одного важнейшего фактора на формирование этих группировок (Мэгарран, 1992). Видовое богатство и индексы разнообразия данного сообщества соответствуют средним значениям по локалитету: S = 6; H' = 1,48; E = 0,83; $1/d_{bp}$ = 2,33.

Кустарничково-моховые тундры (Rkm). На изученном участке кустарничково-моховой тундры произрастают: карликовая березка высотой 10 см, отдельные кусты можжевельника, багульник, брусника, морошка, овсяницы.

Таблица

Индексы видового разнообразия,
характеризующие население жужелиц хр. Рай-Из

№ п/п	Виды	Сообщества		
		Rkt	Rkm	Rles
		Относительное обилие в %		
1	*Noniophilus biguttatus* (F., 1779)	–	–	39,39
2	*Carabus loschikovi* F.-W., 1823	–	17,65	–
3	*Carabus truncaticollis* Esch., 1833	–	5,88	–
4	*Diacheila polita* (F., 1835)	–	5,88	–
5	*Dyschiriodes globosus* Herbst, 1783	–	5,88	–
6	*Patrobus assimilis* Ch., 1844	–	11,76	–
7	*Patrobus septentrionis* Dej., 1828	–	–	3,03
8	*Pterostichus brevicornis* (Kirby, 1837)	42,86	–	51,52
9	*Pterostichus kokeili* Popp., 1907	7,14	–	–
10	*Pterostichus montanus* (Motsch., 1844)	–	23,52	3,03
11	*Pterostichus kaninensis* Popp., 1906	28,57	–	–
12	*Pterostichus dilutipes* (Motsch., 1844)	3,57	–	–
13	*Calathus melanocephalus* (L., 1758)	–	17,67	3,03
14	*Amara brunnea* (Gyll., 1810)	–	11,76	–
15	*Curtonotus alpines* (Payk., 1790)	14,29	–	–
16	*Dicheirotrichus mannerheimi* (Sahlb., 1844)	3,57	–	–
Число видов, S		6	8	5
Индекс разнообразия Шеннона, H'		1,48	1,95	1,02
Индекс выравненности Шеннона, E		0,83	0,94	0,63
Индекс доминирования Бергера-Паркера, $1/D_{bp}$		2,33	4,20	1,90

Примечание: условные обозначения расшифрованы в тексте

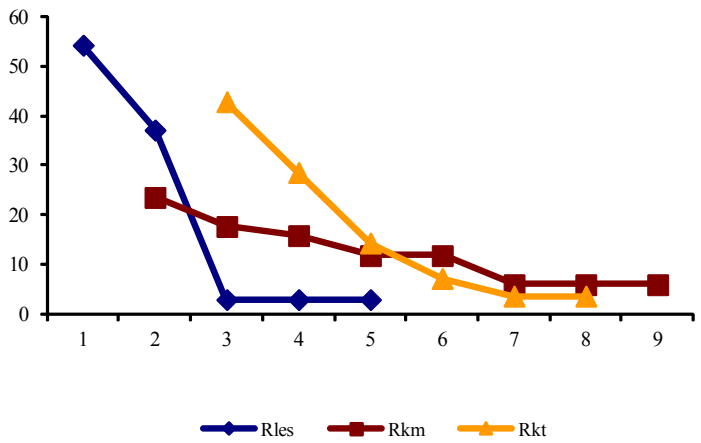


Рис. Кривые рангового распределения видов жужелиц
по обилию в различных фитоценозах хр. Рай-Из.
Примечание: условные обозначения расшифрованы в тексте

Напочвенный покров представлен сфагновыми и зелеными мхами, немногочисленными лишайниками. Почва средней влажности. За весь период исследования отловлено восемь видов жужелиц (табл.).

Среди доминантов отмечен *Pterostichus montanus*, доля которого в сообществах составила 23,52%; в массе встречались *Carabus loschnikovi* и *Calathus melanocephalus*, остальные виды оказались редкими и единичными. Группировке жужелиц кустарничково-моховых тундр хр. Рай-Из соответствует кривая модели «разломанного стержня» распределения обилий видов (рис.), свидетельствующая о разнообразном сообществе. Такое мнение подтверждают относительно высокие значения индексов разнообразия: H'=1,95; E=0,94; $1/d_{bp}$=4,20.

Лиственничники лишайниковые (Rles). Они располагаются на каменистых склонах хребтов. Древостой сильно разрежен и очень угнетен. Кроме лиственницы встречаются отдельные деревья березы извилистой и ели. Кустарниковый ярус состоит из карликовой березки, ив и шиповника. Травяно-кустарничковый покров разреженный, представлен водяникой, толокнянкой альпийской, брусникой, багульником, горцем, дриадой, различными злаками, осоками, копеечником и астрагалом. В напочвенном покрове господствуют лишайники. Группировка жужелиц в рассматриваемом местообитании характеризовалась низким видовым богатством, отмечено только пять видов (табл. 1), среди них по обилию выделялись *Pterostichus brevicornis* (51,52%) и *Notiophilus biguttatus* (39,39%), участие остальных видов в данной ценотической фауне в общей сложности не превышало 10%. Исходя из полученных количественных соотношений пойманных видов жужелиц, можно допустить невысокие показатели разнообразия исследованного сообщества. Такое предположение подтверждается характером кривой рангового распределения видов по обилию, демонстрирующую модель близкую к геометрическому ряду (рис.), что соответствует самым бедным в видовом отношении группировкам. Об этом же свидетельствуют низкие значения индексов разнообразия: H'=1,02; E=0,63; $1/d_{bp}$=1,90.

Литература

Василевич В. И. Эвристико-статистический метод классификации растительности // Взаимосвязи компонентов лесных и болотных экосистем средней тайги Приуралья. Л., 1980. С. 18–31.

Гиляров М. С. Методы количественного учета почвенной фауны // Почвоведение. 1941. № 4. С. 48–77.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Пер. с англ. М., 1992. 184 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛИПОВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ (*PHYLLONORYCTER ISSIKII* KUMATA) В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ»

Л. Г. Целищева
Государственный природный заповедник «Нургуш»,
tselishchevalg@mail.ru

В последние 10–15 лет появилась информация об инвазии на европейскую территорию дальневосточного вида – липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii* Kumata, 1963), которая в массе повреждает листья липы мелколистной *(Tilia cordata* Mill.), образуя двусторонние мины (Ермолаев, Мотошко-

ва, 2008; Ермолаев, Зорин, 2011). В Кировской области данный вид из семейства Моли-пестрянки (Gracillariidae) был найден в Уржумском районе в заказнике «Бушковский лес» (Пестов, 2014). Следовательно, он может быть обнаружен на территории заповедника «Нургуш».

В настоящее время заповедник состоит из 2 кластерных участков, находящихся в юго-восточной части Котельничского района и северо-западной части Нагорского района Кировской области. На южном участке «Нургуш», расположенном в подзоне южной тайги в пойме реки Вятки, липа – обычная порода, доля её в насаждениях составляет около 25% (по материалам лесоустройства 2001 г.). На северном участке «Тулашор», находящемся в подзоне средней тайги, реликтовые насаждения липы сохранились на возвышенных участках со времени тёплых периодов межледниковья. Липа здесь произрастает по соседству со старовозрастными осинами и пихтами небольшими куртинами, которые сформировались, в основном, в результате вегетативного размножения. Плодоносящие деревья, обеспечивающие семенное воспроизводство, встречаются редко.

Целью работы было проведение мониторинга повреждений листьев липы насекомыми-минёрами для установления распространения липовой моли-пестрянки в лесах заповедника. В задачи исследования входило: определить видовой состав филлофагов, минирующих листья липы, и долю мин липовой моли-пестрянки среди них; оценить интенсивность поражения листьев липы данным видом на южном и северном участках заповедника.

На участке «Нургуш» выбраны 4 пробных площади (кв. 100, 101, 102, 103), на участке «Тулашор» – 2 (кв. 38, 39), на каждой из них маркированы и исследованы по 5 лип (табл. 1). С деревьев по стандартной методике (Ермолаев, Зорин, 2011) методом случайной выборки собрано по 100 листьев на высоте 1–2 м. Сбор листьев на участке «Тулашор» выполнен автором, на участке «Нургуш» – студентами 2 курса химического факультета специальности «экология» ВятГГУ под руководством с. н. с. Е. П. Лачоха. Личинки и куколки из мин фиксировались в спирте, а листья гербаризировались. В камеральных условиях проведён анализ повреждений листьев, филлофаги определены по руководству В. И. Гусева (1984). Плотность заселения модельных деревьев выражена в количестве мин на 100 листьев, значение поврежденности определено как доля листьев с минами от их общего числа. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Past 2.15.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей, материал и даты его сбора

№ пробной площади	Место расположения пробной площади	Координаты	Дата сбора	Количество обследованных лип / листьев (шт.)
Участок «Нургуш»				
1	Заповедник, кв. 103	58˚00,203´с.ш., 048˚27,638´в.д.	20.07.15	5/500
2	Заповедник, кв. 102	57˚59,834´с.ш., 048˚27,236´в.д.	20.07.15	5/500

№ пробной площади	Место расположения пробной площади	Координаты	Дата сбора	Количество обследованных лип / листьев (шт.)
3	Заповедник, кв. 101	57°59,787´с.ш., 048°26,057´в.д.	20.07.15	5/500
4	Заповедник, кв. 100	57°59,782´с.ш., 048°25,345´в.д.	20.07.15	5/500
Участок «Тулашор»				
5	Охранная зона, кв. 39	59°38,635´с.ш., 050°00,585´в.д.	23.07.15	5/500
6	Охранная зона, кв. 38	59°38,481´с.ш., 049°59,148´в.д.	23.07.15	5/500

Мониторинг повреждений листьев деревьев и кустарников на территории участка «Нургуш» с 2011 г. ежегодно проводился у 11–13 пород (Целищева, 2011, 2014). Нарастание поврежденности листьев липы минёрами от 5 до 20% отмечено с 2011 г. по 2014 г. (Целищева, 2014). По данным лесопатологических обследований мины на листьях липы массово встречались с 2013 г. (Летопись…, 2014). В 2014 г. установлено, что большинство мин принадлежит липовой моли-пестрянке.

В результате исследований в 2015 г. в заповеднике выявлено 4 вида насекомых-минёров липы (табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав минёров липы в 2015 г., плотность заселения ими листьев и количественное соотношение на участках заповедника «Нургуш»

№ п/п	Вид	Участок «Нургуш»		Участок «Тулашор»	
		Среднее количество мин на 100 листьев	Доля от общего количества минёров (%)	Среднее количество мин на 100 листьев	Доля от общего количества минёров (%)
1	Липовая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii* Kumata)	165,6	94,57	10,1	68,7
2	Крушинная чехликовая моль (*Coleophora ahenella* Hein.)	1,15	0,7	0,6	4,1
3	Липовая моль-малютка (*Stigmella tiliae* Frey)	0,05	0,03	-	-
4	Минирующая златка-крошка (*Trachys minuta* L.)	8,3	4,7	4	27,2
	Итого	175,1	100	14,7	100

Липовая моль-пестрянка встречалась на всех обследованных деревьях, поврежденность листьев ею в среднем составила 71% на участке «Нургуш» и 9,3% – «Тулашор». Средняя плотность заселения *P. issikii* на южном участке заповедника была 165,6 мин на 100 листьев, на северном – 10,1 (табл. 2). В спектре минёров липы её доля занимала 94,57% и 68,7% соответственно. Участие в повреждении трёх других видов (*C. ahenella, S. tiliae, T. minuta)* отмечено как незначительное.

Колебания численности *P. issikii* в популяциях на участке «Нургуш» происходили от 64 до 336 мин на 100 листьев, а на участке «Тулашор» – от 5 до 27. Данные показатели ниже, чем на территории соседнего региона – Удмуртии, где отмечена плотность заселения липы от 17,5 до 897,7 мин на 100 листьев, а максимальное количество мин на лист достигало 26 (Ижболдина, 2008).

На участке «Нургуш» очаг распространения липовой моли-пестрянки зарегистрирован на пробной площади в 103 квартале (279 мин на 100 листьев), показатели значительно превышали фоновые значения повреждений в 102 и 100 кварталах (153 и 129 соответственно) (рис.). Достоверные различия в сторону уменьшения средней плотности заселения листьев данным минёром отмечены для исследованной площади в 101 квартале (100,8 мин на 100 листьев), там же наблюдалось равномерное распределение мин на листьях. Напротив, на других пробных площадях участка «Нургуш» установлена высокая агрегированность мин, а максимальная плотность заселения отдельных листьев липовой молью-пестрянкой была 11 мин на лист.

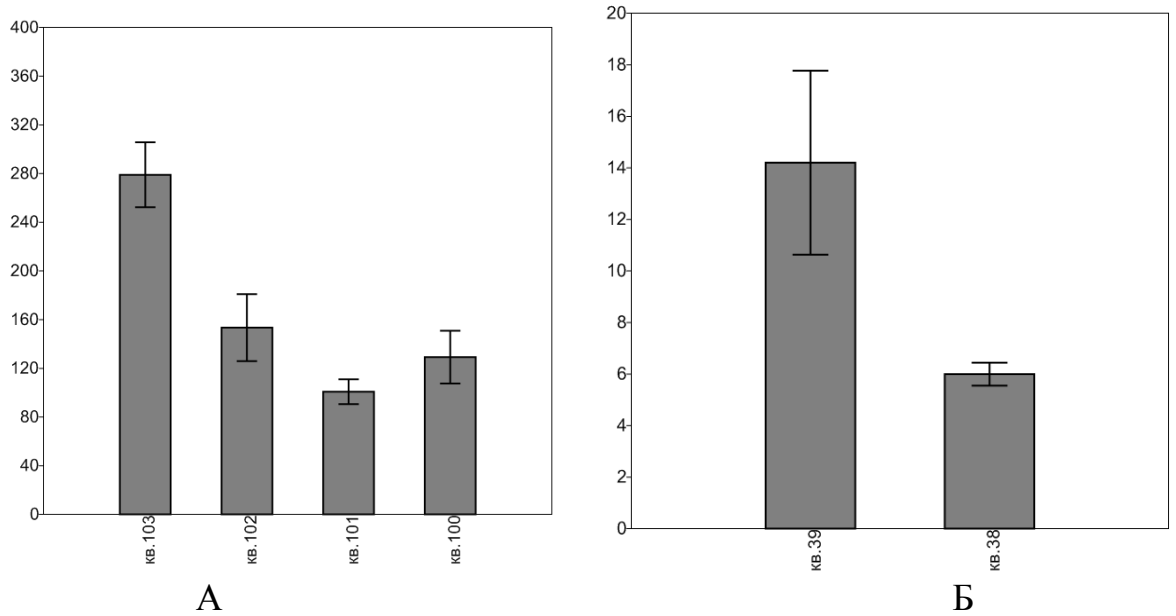


Рис. Плотность заселения листьев липы молью-пестрянкой *P. issikii* Kumata в заповеднике «Нургуш»: А – участок «Нургуш», Б – участок «Тулашор»; по оси абсцисс – номера кварталов, в которых закладывались пробные площади; по оси ординат – среднее число мин на 100 листьев

На участке «Тулашор» оторванность реликтовых местонахождений липы от основного ареала не препятствовала распространению липовой моли-пестрянки, хотя плотность заселения листьев оказалась значительно ниже, чем на южном участке заповедника (6 и 14 мин на 100 листьев). На поврежденных листьях липы встречалось не более 3 мин, агрегированность их была выше в квартале 39 (рис.).

Вероятно, у липовой моли-пестрянки на северном участке заповедника бывает одно поколение за сезон, так как в период исследований в конце июля большинство мин только начинали формироваться. На южном участке в эти же календарные сроки первое поколение моли-пестрянки уже покинуло старые

мины, и на листьях было обнаружено много мин на начальных стадиях развития. Следовательно, на участке «Нургуш» может развиваться два поколения *P. issikii* за сезон.

Таким образом, в заповеднике «Нургуш» выявлено 4 вида насекомых, минирующих листья липы. Липовая моль-пестрянка среди них была абсолютным доминантом, встречалась на всех обследованных деревьях. Наибольшая плотность заселения листьев липы данным видом наблюдалась на южном участке заповедника. Мониторинг модельных деревьев для изучения состояния популяции *P. issikii* планируется проводить ежегодно.

Автор выражает искреннюю благодарность Е. П. Лачоха за помощь в сборе материала на участке «Нургуш» и С. В. Пестову за консультации по определению липовой моли-пестрянки и обсуждению полученных результатов.

Литература

Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная промышленность, 1984. 472 с.

Ермолаев И. В., Мотошкова Н. В. Биологическая инвазия липовой моли-пестрянки *Lithocolletis issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae): особенности взаимоотношения минёра с кормовым растением // Энтомологическое обозрение. 2008. Т. 87. № 1. С. 15–25.

Ермолаев И. В., Зорин Д. А. Особенности распределения липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii* Kumata, Lepidoptera, Gracillariidae) в естественных насаждениях // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 10. С. 1193–1196.

Ижболдина Н. В. Особенности биологии липовой моли-пестрянки *Lithocolletis issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) в Удмуртии. Автореф. дис. … канд. биол. наук. Пермь, 2008. 20 с.

Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2013 г. Кн. 18. В 2-х ч. Киров, 2014. 447 с. Рукопись.

Пестов С. В. К фауне членистоногих заказника «Бушковский лес» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с международ. уч. Кн. 1. Киров: ООО «Веси», 2014. С. 207–210.

Целищева Л. Г. Динамика филлофагов деревьев и кустарников в заповеднике «Нургуш» // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с международ. уч. Кн. 1. Киров: ООО «Веси», 2014. С. 201–207.

Целищева Л. Г. Филлофаги некоторых древесно-кустарниковых пород заповедника «Нургуш» и его охранной зоны // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 1. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2011. С. 174–182.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ САДКОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ БОЛЬШОЙ ВОСКОВОЙ МОЛИ (*GALLERIA MELLONELLA* L.)

А. С. Осокина, Л. М. Колбина, А. В. Гущин
Удмуртский НИИСХ, lidakolbina@yandex.ru

Личинки большой восковой моли (*Galleria mellonella* L.) имеют широкий спектр применения для лабораторных исследований. С одной стороны, их применяют для промышленного разведения с целью выращивания на них паразитов-эномофагов (хищных клопов, хальцид, мух-тахин, трихограммы и др.). Для этой цели используют сложные конструкции с разделением разных стадий развития *G. mellonella,* и для облегчения изымания нужной стадии развития (Мирзалиева, Мирзалиев, 1982; Bronskill, 1961). С другой стороны, для небольших лабораторных исследований необходимы садки разного объема.

На основании проведенных собственных исследований и обзора литературы (Marston, 1975; M.Ashfad Nohad Kadhum Al-Temenu, Sohail Ahmed, 2005) при содержании *G. mellonella* часто используют садки разных типов и конструкций из всевозможных материалов. В качестве основных материалов для изготовления садков применяют различные полимеры и стекло, иногда используют дерево (Севастьянов, 2002).

Контейнеры, изготовленные из дерева, закрываются не герметично, что приводит к потере биоматериала, а также подвергаются повреждению личинками насекомого.

В связи с этим мы провели испытания полипропиленовых и стеклянных садков для выращивания личинок большой восковой моли.

В каждый полипропиленовый и стеклянный садок помещали по 20 гусениц I-II стадии развития на одинаковую питательную среду массой 20 г закрытые крышкой с мелкоячеистой металлической сеткой. Через 15 дней от начала опыта, исследования останавливались, и производилась оценка материала контейнера по критериям представленные в таблице.

Таблица

Сравнение критерии оценки материала контейнера

Критерии оценки материала контейнера	Полипропилен	Стекло
Эксплуатационные свойства	Пластичный	Хрупкий
Устойчивость к пластической деформации	Низкая	Высокая
Биологическая герметичность	Низкая	Высокая
Вентиляция	Широкие возможности конструктивного варьирования	Вентиляция через крышку контейнера
Прозрачность (цвет)	Легко выбирается	Светлое
Герметичность	+	+++
Вес	Легкий	Тяжелый

Биологическую герметичность определяли по количеству проделанных ходов (отверстий) на верхней поверхности контейнера, сделанные челюстями личинок *G. mellonella*.

Критерий вентиляции определяли по относительной влажности в самой ёмкости и по количеству конденсата, скапливаемого на стенках садка.

По результатам исследований установлено, что содержание гусениц *G. mellonella* в садках, сделанных из полипропилена имеет ряд преимуществ: не бьются, легкие в применении, удобно извлекаются гусеницы, низкая стоимость.

Недостатками конструкции является: биологическая не герметичность, вследствие чего происходит побег гусениц; недостаточная вентиляция.

В период проведения опыта нами были экспериментально зафиксированы факты повреждения полиэтиленовых садков личинками *G. mellonella*. Материал полипропиленовых садков относится к олефинам. По своим свойствам он близок к свойствам пчелиного воска, и поэтому личинки восковой моли его поедают, выделяя ферменты средней кишки (липаза и протеолитический фермент) (Шовен, 1953; Тыщенко, 1986).

В садках из срезанных стеклянных банок содержание гусениц имеет ряд положительных преимуществ: прозрачная, что позволяет наблюдать за развитием гусениц, достаточная вентиляция из-за металлической сетки, легко извлекать гусениц, занимает мало места в термостате.

К недостаткам стекла можно отнести: хрупкость, большой вес, ограниченный выбор фор и размеров, высокая стоимость по сравнению с полипропиленовыми садками.

Таким образом, можно сделать вывод, что с точки зрения удобства для выращивания гусениц *G. mellonella* более практичны полимерные садки с учетом толщины стенки. Но с точки зрения физиологии *G. mellonella,* инертности материала и чистоты опыта более оптимален вариант со стеклянным садком.

Литература

Севастьянов Б. Г. Технология круглогодичного вывода личинок восковой моли // Апитерапия сегодня: Материалы междунар. и практ. конф. по апитерапии. Рязань, 2002. С. 241–245.

Тыщенко В. П. Физиология насекомых. М: Высшая школа, 1986. С. 75–76.

Устройство для разделения гусениц большой восковой моли по возрастам: пат. SU № 165333 A / Х. Р. Мирзалиева, Б. Т. Мирзалиев; заявитель Ташкентский ордена Дружбы народов сельскохозяйственный институт № 3453344 / 30-15, от 07.07.1985. Бюл. № 25. 3 с.

Шовен Р. Физиология насекомых. М., 1953. С. 119–120.

Bronskill J. F. A cage to simplify the rearing of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (Pyralidae) // J. of the Lepidopterists Soc. 1961. № 15(2). P. 102–104.

Marston N. Mass producing eggs of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (L.) // Technical bulletin No. 1510. 1975. P. 1–15.

M. Ashfad Nohad Kadhum Al-Temenu, Sohail Ahmed Effect of artificial diets on some parameters of greater wax moth, Galleria mellonella L. under optimum conditions // J. Agric. Res. 2005. № 43(3). P. 223–228.

МОРФОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ (DIPTERA: CULICIDAE) РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Е. В. Панюкова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
panjukova@ib.komisc.ru

Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) имеют большое практическое значение, так как многие представители этого семейства переносят опасные заболевания. Общеизвестна зависимость строения различных морфологических структур организмов от условий среды обитания. У кровососущих комаров установлено изменение размеров дыхалец (стигм) в различные периоды (весна, лето), а также при различных условиях влажности (Виноградская, 1950). Было предложено измерять дыхальцевый индекс для определения степени адаптивной лабильности имаго кровососущих комаров в зависимости от изменения режима температуры и влажности в различных микроклиматических условиях. Дыхальцевый индекс является коэффициентом корреляции между длиной груди и длиной переднего дыхальца имаго (в процентах), его рассматривали также как показатель экологической приспособляемости вида к условиям севера (Виноградская, 1953; Колесова, 1980). В последнее время появились работы по морфологии, выполненные с использованием метода сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), показывающие на диагностическую ценность строения отдельных морфологических структур (Халин, 2005а, Халин, Айбулатов, 2014). Корректное представление о реальной конфигурации сложных объектов во многих случаях раскрывает использование методов СЭМ (Халин, 2005б). Исследования под СЭМ стигмального аппарата комаров ранее не проводились.

Стигмы расположены на груди (тораксе) имаго кровососущих комаров и играют важную роль в жизнедеятельности, так как через них не только поступает воздух в трахейную систему, но и испаряется вода. Известно, что у видов комаров, обитающих в зоне сухого климата, размер дыхалец меньше, чем у комаров, живущих в условиях высокой влажности (Гуцевич и др., 1970). Выяснено, что размер дыхалец связан с интенсивностью испарения, но до настоящего времени не совсем ясно, какие факторы жизненной среды развивающейся особи определяют собой размеры дыхалец.

Целью данной работы стало выявление зависимости размеров дыхалец у комаров рода Aedes от условий обитания в лесных и пойменных биотопах подзоны средней тайги Республики Коми (РК).

Материал для морфологических исследований собран в 2005 и 2015 годах на территории РК. Имаго кровососущих комаров собирали «на себе» при помощи эксгаустера в условиях стационаров. Первый участок расположен в окр. пос. Выльгорт, (Сыктывдинский район), второй – в окр. Ляльского лесобиологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Княжпогостский р-он). Отловленных имаго усыпляли анестезирующей жидкостью и хранили в 70% спиртовом растворе. В лабораторных условиях имаго накалывали на энтомологические булавки № 000, затем высушивали и определяли. Под би-

нокулярным микроскопом с помощью окуляр-микрометра проводили измерения. Длина передней грудной стигмы сравнивалась с длиною грудного отдела (от переднего края до щитка). Измерение проведено у видов: *Aedes excrucians, A. pullatus* и *A. punctor*. Результаты измерений вносили в таблицы программы Excel и проводили расчеты дыхальцевого коэффициента и его статистическую обработку (среднее арифметическое, размах вариаций, стандартное отклонение). Всего собрано и определено 516 экземпляров имаго комаров, из них измерены 100 особей *A. pullatus,* 310 – *A. punctor* и 106 – *A. excrucians.*

При проведении морфологических исследований нами применялись методы сканирующей электронной микроскопии. Для электронного микроскопирования были отобраны экземпляры с открытыми передними дыхальцами. Под электронным микроскопом просмотрено по три экземпляра имаго каждого изучаемого вида. Для анализа выполнены циклы фотографий внутреннего строения стигм у *A. excrucians, A. pullatus* и *A. punctor* при разном увеличении (700–6100).

На груди комаров видны хорошо различимые уже при 16-кратном увеличении бинокулярного микроскопа четыре стигмы: две передние и две задние с левой и правой стороны торакса. Стигмы имеют вытянутую форму, состоят из двух валиков, соединенных мышечными волокнами, которые регулируют процесс открывания и закрывания дыхалец. Передние торакальные стигмы комаров рода Aedes расположены косо на боковой поверхности грудного отдела комара, между эпимерами (задней частью) переднегруди, эпистернами (частью, лежащей впереди) среднегруди и боковым краем среднеспинки комара. Задние стигмы имеют более удлиненную форму и по строению сходны с передними стигмами. Они расположены на границе эпимер среднегруди и эпистерн заднегруди, сзади-снизу от места прикрепления крыла. У малярийных комаров передние стигмы открывают доступ кислорода для семи трахейных стволов (Виноградская, 1950).

При увеличении в 2000 раз под электронным сканирующим микроскопом хорошо видна внутренняя, измятая в складки структура трахейных стволов кровососущих комаров. Хорошо просматривается вход в два ствола дыхательных трахей. Структура стволов имеет ребристую внутреннюю поверхность, наиболее косо исчерченную у края стигм, что, вероятно, связано с механизмом открывания и закрывания дыхалец и увеличением испаряющей поверхности.

Существенные различия в морфологическом строении торакальных стигм у рассматриваемых видов комаров отсутствуют. Наибольшие различия между просмотренными экземплярами самок комаров рода Aedes отмечены при вычислениях дыхальцевого коэффициента. Дыхальцевый коэффициент выше у *A. excrucians* (среднее арифметическое 15,44; размах вариации 5; стандартное отклонение 1,4), что превышает среднее значение дыхальцевого коэффициента у *A. pullatus* при одинаковом размахе вариаций (9,96; 5; 3,15). Дыхальцевый коэффициент у *O. punctor* также ниже, чем у влаголюбивого *A. excrucians* (8,24; 4; 3,4). Вид *A. excrucians* имеет большие значения дыхальцевого индекса, что свидетельствует о его приуроченности к переувлажненным пойменным местообитаниям. Комар *A. excrucians* интенсивно испаряет влагу, вероятно, он зависим

от высокой влажности и может быть встречен в массовом количестве в следующих местообитаниях: над водной поверхностью рек и озер, на пойменных лугах, в припойменных ивняках и пойменных лесах. Виды *O. pullatus* и *O. punctor* имеют меньший размер стигм, они меньше теряют влаги при дыхании и могут существовать в различных местообитаниях, не связанных с постоянным переувлажнением. Виды комаров *A. pullatus* и *A. punctor* характерны для лесных стаций, а *A. pullatus* отмечался нами в горных биоценозах на высоте 600 м. Таким образом, дыхальцевый индекс служит показателем вариативности занимаемых видом местообитаний: *A. excrucians* стенотопен, *A. pullatus* и *A. punctor* эвритопны.

Благодарю за помощь при работе со сканирующим электронным микроскопом инженера электронного микроскопа А. И. Патова, за ценные консультации я глубоко признательна заведующей отделом лесобиологических проблем Севера С. В. Загировой. В 2015 г. работа выполнялась при поддержке гранта РФФИ № 14-04-01139 «Эволюция кровососущих насекомых – морфоэкологический подход».

Литература

Виноградская О. Н. Стигмальный аппарат Anopheles и его видоизменения в зависимости от сухоустойчивости и влаголюбивости видов // Энтомологическое обозрение. 1950. Т. 31, № 1–2. С. 151–154.

Виноградская О. Н. Участие трахейной системы в испарении воды у *Anopheles maculipenis messeae* Fall. и сезонная изменчивость дыхальцевого индекса у видов подсемейства Culicinae (Diptera, Culicidae) // Энтомологическое обозрение. 1953. Т. 33. С. 157–160.

Гуцевич А.В., Мончадский А.С., Штакельберг А.А. Комары сем. Culicidae . Л.: Наука, 1970. 384 с. (Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Т. 3. Вып. 4.)

Колесова Т. А. Дыхальцевый индекс кровососущих комаров рода Aedes как показатель экологической приспособляемости к условиям Севера // Кровососущие членистоногие Европейского Севера. Петрозаводск, 1980. С. 105–107.

Халин А. В. Диагностические признаки 3-го и 4-го члеников усиков самок комаров рода Aedes Meigen (Diptera, Culicidae) // Энтомологическое обозрение. 2005а. Т. 84, № 2. С. 262–275.

Халин А. В. Диагностические признаки коксита в гениталиях самцов комаров *Aedes caspius* Pallas, *A. cantans* Meigen и *A. communis* De Geer (Diptera, Culicidae) // Энтомологическое обозрение. 2005б. Т. 84. № 4. С. 884–896.

Халин А. В., Айбулатов С. В. Морфология груди кровососущих комаров. Новая комплексная методика исследования скелетных структур груди сем. Culicidae (Diptera). Саарбрюккен: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. 86 с.

МАТЕРИАЛЫ ПО ФАУНЕ ДВУКРЫЛЫХ СЕМЕЙСТВА SCIOMYZIDAE (DIPTERA) РЕСПУБЛИКИ КОМИ

С. В. Пестов
Вятский государственный гуманитарный университет,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
Государственный природный заповедник «Нургуш»,
pestov@ib.komisc.ru

К семейству Sciomyzidae относятся средних размеров мухи 2.5.–10 мм желтой или блестяще-черной окраской тела и часто пятнистыми крыльями. В мировой фауне известно около 600 видов из 60 родов. В Палеарктике обитает 160 видов. В фауне России – 105–110 видов (Нарчук, 2003). Предпочитают увлажненные местообитания: пойменные луга, заболоченные леса. Личинки большинства видов хищники, паразиты или некрофаги пресноводных двустворчатых моллюсков, наземных и водных легочных моллюсков и слизней. Отдельных представителей этого семейства используют для борьбы с моллюсками, вредящими культурными растениям, и моллюсками-переносчиками гельминтов (Williams et al, 2010; Murphy et al. 2012). В фаунистическом отношении сциомизиды России слабо изучены. Наиболее полные региональные списки имеются для Ленинградской области (Штакельберг, 1958; Эльберг, 1984) и Якутии (Нарчук, Багачанова, 2009), Воронежской области (Гапонов, Сергеев, 2005). В Республике Коми до настоящего времени было отмечено семь видов: *Tetanocera arrogans* Mg. в окрестностях (Седых, 1974), *Ilione lineata* (Fll.), *Dictya umbrarum* (L.), *Hydromya dorsalis* (F.), *Sepedon sphegea* (F.), *S. spinipes* (Scop.) (Elberg, Remm, 1974), и *Sciomyza testacea* Mq. (Vikhrev, 2011). Материалом данной работы послужила коллекция Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Ниже приведен аннотированный список видов с указанием места, даты сбора и фамилия сборщика.

1. *Euthycera chaerophylli* (Fabricius 1798): г. Сыктывкар (25.06.2013, Пестов). Паразит слизней (Rozkošný, 1984). Евро-кавказский температный.

2. *Ilione lineata* (Fallén, 1820). Вид известен по данным литературы г. Сыктывкар и с. Усть-Кулом (Elberg, Remm, 1974). Личинки паразиты прибрежноводных легочных моллюсков (Vala et al, 2012). Европейский бореальный.

3. *Dictya umbrarum* (Linnaeus, 1758). Вид известен по данным литературы в окрест. с. Усть-Кулом (Elberg, Remm, 1974). Личинки паразиты прибрежноводных легочных моллюсков (Vala et al, 2012). Трансевразийский температный.

4. *Hydromya dorsalis* (Fabricius, 1775) Вид известен по данным литературы в окрест.с. Усть-Кулом (Elberg, Remm, 1974). Личинки питаются кладками и молодыми особями пресноводных моллюсков семейств Lymnaeidae и Physidae и наземных улиток семейства Succineidae (Vala et al, 2012). Трансевразийский температный.

5. *Limnia unguicornis* (Scopoli 1763): пос. Водный (1-5.07.2013, Юшкова). Хищник и некрофаг наземных моллюсков и слизней (Vala et al, 2012). Трансевразийский температный.

6. *Pherbellia argyra* Verbeke, 1967: с. Объячево (13.06.1971, Седых). Паразит водных легочных моллюсков (Сидоренко, 2004). Голарктический температный.

7. *Pherbellia austera* (Meigen, 1830). ст. Полярный Урал (18 и 28.07.1988, Седых). Паразит водных легочных моллюсков (Vala et al, 2012). Евро-обский температный.

8. *Pherbellia schoenherri* (Fallén, 1826): с. Летка (11.06.1982, Седых) Паразит наземных моллюсков (Rozkošný, 1984).. Голарктический температный.

9. *Psacadina vittigera* (Schiner, 1864): г. Ухта (09.07.1968, Седых), с. Объячево (17.07.1978 и 28.06.1983, Седых). На первой стадии личинки развиваются в мертвых улитках и слизнях, на последующих стадиях переходят к паразитизму и хищничеству (Barendregt et al, 2014). Европейский бореальный.

10. *Sepedon sphegea* (Fabricius, 1775). Вид известен по данным литературы с. Усть-Кулом (Elberg, Remm ,1974). Личинки паразиты прибрежноводных легочных моллюсков (Vala et al, 2012). Голарктический температный.

11. *Sepedon spinipes* (Scopoli, 1763) Вид известен по данным литературы с. Усть-Кулом (Elberg, Remm ,1974). Личинки паразиты прибрежноводных легочных моллюсков (Vala et al, 2012). Голарктический температный.

12. *Sciomyza testacea* Macquart, 1835: Вид известен по данным литературы (Vikhrev, 2011) в окрестностях г. Воркуты. Паразит наземных моллюсков семейства Succineidae (Vala et al., 2012). Европейский бореальный.

13. *Tetanocera arrogans* Meigen, 1830: с. Корткерос (28.06.2014, Седых), г. Ухта (10.08.1983, Седых). Ранее был отмечен только в окрестностях Ухты (Седых, 1974). Паразит наземных моллюсков (Rozkošný, 1984).. Трансевразийский температный.

14. *Tetanocera elata* (Fabricius, 1781): пос. Водный (1-5.07.2013, Юшкова), Сыктывкар (03.07.2014, Пестов). Паразит слизней *Deroceras reticulatum* и *Arion hortens* (Hynes at al, 2014). Трансевразийский температный.

15. *Tetanocera ferruginea* Fallén, 1820: Республика Коми: г. Сыктывкар (03.07.2014, Пестов). Паразит водных легочных моллюсков (Rozkošný, 1984). Голарктический температный.

16. *Tetanocera fuscinervis* (Zetterstedt, 1838): ст. Полярный Урал (24.07.1980, Седых), пос. Селегвож (23.06.2005, Пестов), с. Объячево (24.06.1979, Седых), пос. Кажим (18.07.2004, Пестов). Паразит наземных моллюсков (Rozkošný, 1984). Голарктический температный.

17. *Trypetoptera punctulata* (Scopoli, 1763): пос. Водный (1-5.07.2013, Юшкова). Наиболее мезофильный вид сциомизид. Хищники наземных моллюсков (Murphy et al., 2012). Транспалеарктический полизональный.

Таким образом, в фауне Республики Коми на сегодняшний день насчитывается 17 видов сциомизид, относящихся к семи родам из которых 12 отмечены впервые. Помимо этого в Кировской области на участке «Тулашор» заповедника «Нургуш» на границе Республики Коми были отмечены два вида *Tetanocera*

phyllophora Melander и *Tetanocera silvatica* Mg., которые, несомненно, встречается и в Республике Коми (Пестов, Целищева, 2014).

Литература

Гапонов С. П., Сергеев А. С. К фауне мух-сциомизид окрестностей воронежского Водохранилища // Алтай: экология и природопользование: Труды IV Российско-монгольской науч. конф. молодых учёных и студентов. 2005. С. 105–107.

Нарчук Э. П., Багачанова А. К. К фауне мух-сциомизид-моллюскоедов (Diptera, Sciomyzidae) Якутии // Энтомологическое обозрение. 2009. Т. 88.

Пестов С. В., Целищева Л. Г. К фауне двукрылых участка «Тулашор» заповедника Нургуш // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию Государственного природного заповедника «Нургуш» (г. Киров, 10–11 сентября 2014 г.). Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2014. Вып. 2. С. 104–106.

Седых К. Ф. Животный мир Коми АССР. Беспозвоночные. Сыктывкар, 1974. 192 с.

Сидоренко В. С. Сем. Sciomyzidae // Определитель насекомых Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2001. Т. 6. Ч. 2. С. 98–118.

Штакельберг А. А. Материалы по фауне двукрылых Ленинградской области, III. Diptera Acalyptrata, Ч. 1. // Труды Зоол. ин-та. АН СССР. 1958. Т. 24. С. 103–191.

Эльберг К. Ю. Мухи-малакофаги (Diptera, Sciomyzidae) Большого Березового остова // Материалы по фауне Выборгского заказника: Труды Зоол. ин-та АН СССР. 1984. Т. 123. С. 44–46.

Barendregt A., Mortelmans J., van Zuijlen J. W. Slakkendodende vliegen van het genus psacadina in nederland en België (Diptera: Sciomyzidae) // Niderlandse faunistische Mededelingen. 2014. V. 42. P. 37–46.

Elberg K., Remm H. Uusi andmeid oravk ärblaste (Diptera, Sciomyzidae) levikust nõukogude liidus // Zooloogia-alaseid töid. VIII. Tartu. 1974. P. 59–63.

Hynes T.M., Mc Donnell R.J., Kirsch A., Dillon R.J., O'Hora R., Gormally M.J. Effect of temperature on the larval stage of *Tetanocera elata* (Diptera: Sciomyzidae) – Potential biological control agent of pestiferous slugs // Biological Control. 2014. Vol. 74. P. 45–51.

Murphy W. L., Knutson L. V., Chapman E. G., Mc Donnell R. J., Williams C. D., Foote B. A., and Vala J.-C. Key aspects of the biology of snail-killing Sciomyzidae flies // Annual Review of Entomology. 2012. Vol. 57. P. 425–447.

Rozkošný R. The Sciomyzidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark// Fauna ent. Scand. 1984. Vol. 14. P. 1–224.

Vikhrev N.E. On the synonymy of the palaearctic Sciomyzidae (Diptera) // Far Eastern Entomologist. 2011. № 220. С. 17–20.

Williams Ch. D., Gormally M. J., Knutson L. V. Very high population estimates and limited movement of snail-killing flies (Diptera: Sciomyzidae) on an irish turlough (temporary lake) // Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy. 2010. Vol. 110B. № 2. P. 81–94.

ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

А. А. Оносов [1]***, С. В. Пестов*** [1, 2, 3]
[1] *Вятский государственный гуманитарный университет,*
[2] *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*
[3] *Государственный природный заповедник «Нургуш», pestov@ib.komisc.ru*

Почвенные беспозвоночные играют важную роль в разложении растительных остатков, трансформации органического материала, формировании гумусового горизонта и улучшении структуры почв, круговороте биогенных элементов и поддержании гомеостаза почвенной биоты в целом. Для них характерны: значительное таксономическое разнообразие, высокая численность, относительно длительные периоды эмбрионального и постэмбрионального развития, отсутствие резких колебаний численности половозрелых форм, малая подвижность (Криволуцкий, 1964). Эдафобионты являются основной почвообразующей силой в поверхностном горизонте почвы. Если на экосистему оказывается негативное воздействие, то зооэдафон один из первых дает отклик на изменения условий среды.

Сегодня большое внимание уделяется исследованию антропогенного воздействия на живые организмы, в том числе и эдафобионтов. Исследователи из разных регионов страны изучают проблемы техногенного воздействия на почвенную биоту в условиях радиоактивного загрязнения (Ефремов, 1997; Колесникова и др., 2015), нефтяного загрязнения (Соромотин, 2000; Князев, 2014; Мелехина и др., 2015), загрязнение почвы вследствие неправильного внесения минеральных удобрений (Патюта, 2009) и других видов антропогенной нагрузки.

Одним из крупнейших промышленных предприятий Кировской области является Кирово-Чепецкий химический комбинат (КЧХК), в состав которого входит «Завод минеральных удобрений». Ранее проведенные исследования показали, что окружающая среда на территории вблизи комбината за многие годы его работы подверглась воздействию широкого спектра загрязнителей, включающего минеральные соединения азота, фториды, тяжелые металлы (Скугорева и др., 2009; Скугорева и др., 2011). Одной из экологических проблем в районе Завода минеральных удобрений является загрязнение пойменных озер соединениями азота. Поскольку азот является элементом жизненно необходимым для растений, то был разработан комплекс мероприятий по использованию этих вод для удобрения растений на пойменных лугах с невысоким содержанием азота в почвах (Дабах и др., 2011; Герасимова и др., 2013).

В связи с этим мы попытались оценить влияние полива водами богатыми соединениями азота на состав и структуру населения почвенных беспозвоночных луговых экосистем вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината. Ранее таких исследований не проводилось.

Цель исследования: оценить влияние загрязнение почв азотом вблизи Завода минеральных удобрений КЧХК на население почвенных беспозвоночных (зооэдафон).

Исследование проводилось вблизи КЧХК. Было выбрано два участка. На одном участке производился полив водой, богатой соединениями азота; на втором участке полив не происходил. На каждой площадке было отобрано по девять проб, методом почвенных раскопок (Гиляров, 1975). Пробы размеры 25х25 см. Животные извлекались из субстрата методами ручного разбора проб. Учитывали число таксономических групп мезобионтов, численность населения и относительное обилие. Численность населения рассчитывали как число особей на 1 кв. м. почвы.

При сравнении участков с поливом и без полива обращает на себя внимание значительное снижение общей численности беспозвоночных на импактных участках (табл.). Существенно отличается и структура сообществ беспозвоночных. На загрязненных участках отсутствуют дождевые черви, двупарноногие многоножки, сенокосцы, равнокрылые, жуки-листоеды и куколки насекомых. Более чем в три раза снизилась численность на поливных участках численность губоногих многоножек, жужелиц и клопов. В структуре населения биоты почвенных беспозвоночных в условиях полива преобладали пауки (76,4 экз. кв м). Они составляли почти половину всего животного населения мезоэдафона. На участках с поливом заметную роль играют жуки-стафилины, не отмеченные на участках без полива.

Таблица

Структура таксономических групп зооэдафона вблизи КЧХК

Таксономическая группа	С поливом		Без полива	
	экз. кв м	Доля %	экз. кв м	Доля %
Дождевые черви	–	–	7,1±2,8	3,0
Пауки	76,4±17,8	49,4	46,2±8,2	19,5
Сенокосцы	–	–	3,6±3,6	1,5
Многоножки				
двупарноногие	–	–	1,8±1,8	0,8
губоногие	3,6±2,4	2,3	16,0±5,3	6,8
Клопы	12,4±5,2	8,0	40,9±9,7	17,3
Равнокрылые (цикадовые)	–	–	1,8±1,8	0,8
Жуки в т. ч.	35,6	22,9	64,1	27,1
Жужелицы	3,6±2,4	2,3	51,6±14,8	21,8
Стафилины	16,0±6,0	10,3	–	–
Листоеды	–	–	1,8±1,8	0,8
Прочие жуки	16,0±6,0	10,3	10,7±7,1	4,5
Перепончатокрылые в т.ч.,	10,7	6,9	24,9	10,5
Муравьи	10,7±7,1	6,9	24,9±17,7	10,5
Наездники	1,8±1,8	1,1	1,8±1,8	0,8
Куколки насекомых	–	–	3,6±2,4	1,5
Личинки насекомых	10,7±3,8	6,9	21,3±8,4	9,0
Яйца насекомых	1,8±1,8	1,1	3,6±2,4	1,5
Общая численность	153,0		236,7	
Индекс доминирования Бергера-Паркера	0,49		0,19	

Таким образом, на территории с поливом более обедненный состав почвенной биоты, количество пойманных экземпляров в 1,5 раза меньше чем на территории не подверженной данной антропогенной нагрузке. Азотное загрязнение вблизи КЧХК оказывает негативное влияние на сообщества почвенных беспозвоночных.

Литература

Гиляров М. С. Учет крупных почвенных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука, 1975. С. 12–29.

Герасимова Ю. В., Кислицына А. П., Дабах Е. В. Эффективность биологического метода утилизации азота пойменных озер в районе Кирово-Чепецкого химического комбината // Бизнес. Наука. Экология родного края: Материалы Всерос. науч.-практ. конф.-выставки экологических проектов с междунар. участием (18–20 апреля 2013 г., г. Киров). Киров: ООО «Веси», 2013. С. 260–263.

Дабах Е. В., Кантор Г. Я., Кислицына А. П., Домнина Е. А. Опыт очистки поверхностных вод, загрязненных соединениями азота // Биологический мониторинг природно-техногенных систем: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (29–30 ноября 2011 г., г. Киров). Ч. 1. Киров: ООО «Лобань», 2011. С. 237–238.

Ефремов А. Л. Индикация радионуклидного загрязнения хвойных лесов по активности почвенной микробиоты // Почвоведение. 1997. № 6. С. 743–749.

Колесникова А. А., Кудрин А. А., Конакова Т. Н., Таскаева А. А. Состав и численность почвенной фауны в районе с повышенным уровнем радиоактивности (Республика Коми, пос. Водный) // Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55. № 3. С. 282–292.

Князев С. Ю. Оценка влияния поллютантов омского нефтеперерабатывающего завода на окружающую среду с помощью почвенной мезофауны // Вестник Тамбовского Университета. 2014. № 5. Т. 19. С. 1304–1306.

Криволуцкий Д. А. Панцирные клещи некоторых типов леса южной тайги // Защита леса от вредных насекомых. М.: Наука, 1964. С. 124–131.

Мелехина Е. Н., Маркарова М. Ю., Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Канев В. В. Восстановительные сукцессии биоты в торфяной почве с нефтяным загрязнением при различных методах биологической рекультивации // Почвоведение. 2015. № 6. С. 740–750.

Патюта М. Б. Влияние минеральных удобрений на мезофауну черноземов в агроландшафте // Проблемы экологической безопасности и сохранение природно-ресурсного потенциала Северного Кавказа: Материалы междунар. конф. Ставрополь, 2009. С. 114–115.

Скугорева С. Г., Дабах Е. В., Адамович Т. А., Кантор Г. Я., Шуктомова И. И., Ашихмина Т. Я. Изучение состояния почв на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 2. С. 37–46.

Скугорева С. Г., Адамович Т. А., Кантор Г. Я., Савиных В. П., Ашихмина Т. Я., Изместьева А. В. Оценка степени загрязнения снегового покрова в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 1. С. 31–36.

Соромотин А. В. Мезофауна нефтезагрязненных почв Среднего Приобья. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 96.

РУЧЕЙНИКИ (TRICHOPTERA) р. ВЯТКИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ

Т. И. Кочурова
Кировский городской научно-естественный музей,
kochurovati@mail.ru

Ручейники (Trichoptera) – древний отряд амфибиотических насекомых. Личинки ручейников – бентосные животные, обитающие на грунте водоема, на поверхности водных растений и погруженных предметов. Имаго обитают в наземно-воздушной среде вблизи водоемов. В текучих водах занимают второе место после двукрылых по числу видов и разнообразию экологических адаптаций. Большинство ручейников – олигосапробы и живут в чистой воде, лишь немногие виды – мезосапробы – обитают в слабозагрязненных водоемах (Шубина, 2012). В пресноводных экосистемах рек Вятского бассейна ручейникам принадлежит весьма значительная роль.

В работе рассмотрены данные о качественном составе и численности ручейников, полученные при изучении макрозообентоса р. Вятки в 2004–2010 гг. и 2013–2015 гг. в зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия (ЗЗМ ОУХО) пос. Мирный. Исследования проводили на трех станциях, приуроченных к участкам комплексного экологического мониторинга состояния природных сред на территории ЗЗМ ОУХО. Местоположение и нумерация станций определены в соответствии с единой схемой мониторинга (табл.).

Таблица

Местоположение и характеристика станций отбора проб

Номер станции	Расстояние, км	Радиус от ОУХО, км	Местоположение	Тип грунтов
55	574,5 / -	4,2	К северо-востоку от объекта в районе зоны международной инспекции	Песчаный, глинисто-песчаный
66	560,5 / 14,0	3,9	В 500 м выше устья р. Погиблица (водоприемник хозяйственно-бытовых стоков пос. Мирный и ОУХО)	Песчаный, гравийно-песчаный
79	559,5 / 1,0	5,1	В 500 м ниже устья р. Погиблица (водоприемник хозяйственно-бытовых стоков пос. Мирный и ОУХО)	Песчаный, гравийно-песчаный заиленный

Примечание. Над чертой – расстояние от устья, под чертой – от расположенной выше станции.

Пробы отбирали гидробиологическим скребком один раз в год (сентябрь) по стандартным методикам отбора проб макрозообентоса (Руководство …, 1983) собственно грунта (количественные) и водной растительности прибрежной зоны (качественные). Для идентификации организмов использовали определители (Определитель…, 1977; 2001). Наличие видов-индикаторов сапробно-

сти устанавливали согласно списку А. В. Макрушина (1974) и Атласу сапробных организмов (Унифицированные методы…, 1997).

Таксономическое богатство ручейников за период наблюдения насчитывало12 видов и пять родов из семи семейств, что составило около 20%трихоптерофауны региона:

сем. Hydropsychidae
Hydropsyche orantula MacLachlan, 1878 (β-α)*[2]
H. contubernalis MacLachlan, 1878
H. modesta Navas, 1925
H. bulgaromanorum Malicky, 1977
*H.*s p. (o-a)*
Cheumatopsyche lepida F.J. Pictet, 1934
сем. Hydroptilidae
Ithytrichialamellaris Eaton, 1873
*Hydroptila*sp. (β)*
Orthotrichia sp.
сем. Polycentropodidae
Neureclipsis bimaculata (Linnaeus, 1758) (o-β)*
сем. Limnephilidae
L. rhombicus Linnaeus, 1758(o-β)*
Limnephilus sp. (o-β)*
Anabolia sp. (o-α)*
сем. Lepidostomatidae
Lepidostoma hirtum F., 1775(b)*
сем. Leptoceridae
Oecetisnotata (Rambur, 1842)
Triaenodes bicolor (Curtis, 1834) (o)*
Ceraclea sp.
Mystacides sp.
сем. Brachycentridae
*Brachycentrus subnubilis*Curtis, 1834

Наибольшей представленностью характеризовались сем. Hydropsychidae и Leptoceridae, насчитывающее соответственно пять и четыре вида. Высокую и относительно равномерную в течение наблюдаемого периода встречаемость имели представители видов *Brachycentrus subnubilis* (встречаемость 62%) и *Neureclipsis bimaculata* (встречаемость 50%). К широко распространенным относились также ручейники **сем.** Limnephilidae (встречаемость 58%), видовая идентификация которых была затруднена из-за ранних стадий развития личинок. Молодые представители рода *Anabolia* были достаточно обычны в рипали. Высокой встречаемостью (71%) в период с 2004 по 2009 гг. характеризовались ручейники рода *Hydropsyche,* сократившие своё присутствие в макрозообентосе

[2] – виды-индикаторы сапробности: (o)* – олигосапорбы; (β)* – β-мезосапробы; (α)* – α-мезосапорбы.

в 2010 и 2013–2015 гг. до 8%. Представители выше названных таксонов в 2005–2006, 2009, 2014 гг. получали массовое развитие, преимущественно среди зарослей водной растительности. В остальные годы количество регистрируемых особей сильно сокращалось, в том числе и в составе фитофильных сообществ. Находки прочих видов были представлены единичными экземплярами на протяжении всего периода наблюдений.

Сапробиологический анализ показал принадлежность большинства выявленных индикаторных организмов к олиго-ß-мезосапробной, а части даже к олиго-α-мезосапробной зонам. Присутствия ксеносапорбных организмов не установлено. Это указывало на заметное органическое загрязнение исследуемого участка р. Вятки.

Количество видов, регистрируемое в разные годы на исследуемом участке реки, колебалось от 3 до 10 и было максимальным в 2006 г. (перед вводом в действие ОУХО) и 2009 г. (в период уничтожения отравляющих веществ (ОВ) типа зарин). Минимальным видовым богатством отмечены 2008 г. (период сжигания реакционных масс от детоксикации ОВ типа *Vx*) и 2010 г. (период уничтожения ипритно-люизитных смесей и ОВ типа зоман).

Помимо антропогенного фактора на формирование состава бентосных сообществ оказывали влияние и естественные климатические особенности этих лет. Так 2009 г. характеризовался низким уровнем воды в период пробоотбора, что могло послужить причиной нарастания концентрирования организмов зообентоса, в том числе и ручейников, на единице площади русла. В 2008 г., напротив, отмечался очень высокий уровень осеннего паводка, который, как известно, способствует усиленному дрифту (сносу) донных организмов и качественному и количественному обеднению бентосных сообществ (Шубина, 2012). Аномально жаркий летний сезон 2010 г. также не был благоприятным для донных организмов.

В то же время, периоды обеднения трихоптерофауны на отдельных станциях не совпадали. Так на ст. 79 (ниже устья р. Погиблицы – приемника сточных вод) они соответствовали времени максимального объема уничтожения ОВ (2007–2008 гг.). На ст. 55 резкое снижение присутствия ручейников отмечено в период сжигания реакционных масс (2008-2010 гг. и 2013 г.). Нарастание плотности ручейников в 2014 г. на верхней (ст. 55) и средней (ст. 66) станциях в 2015 г. вновь сменилось резким снижением их обилия на ст. 66 и 79.

Таким образом, в ходе проделанной работы определен видовой состав ручейников на участке р. Вятки в ЗЗМ ОУХО, насчитывающий двенадцать видов и пять родов из семи семейств**.** Максимальной видовой представленностью характеризовались сем. Hydropsychidae и Leptoceridae.В большей степениобычны и обильны были виды *Brachycentrus subnubilis, Neureclipsis bimaculata,*а также представители *рода Hydropsyche* и сем. Limnephilidae. Наиболее благоприятные условия для обитания ручейников складывались в фитофильных сообществах, где зарегистрировано их максимальное обилие. Многолетняя динамика количественного и качественного развития трихоптерофауны указывала на относительно хорошее состояние среды обитания ручейников в 2005–2006, 2009 и 2014 гг. и существенное ухудшение в 2008, 2010 и 2015 гг.

Литература

Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л.: Академия наук СССР, 1974. 224 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 281 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, 2001. Т. 5. 836 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под общ. ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.

Унифицированные методы исследования качества вод. Часть III. Методы биологического анализа вод. М.: Секретариат СЭВ, 1997. 227 с.

Шубина В. Н. Ручейники (Trichoptera) водоемов Печорского бассейна. СПб.: Наука, 2012. 183 с.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ МУТАНТНЫХ ЛИНИЙ DROSOPHILA MELANOGASTER НА ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО И ОСТРОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Е. А. Юшкова [1, 2], В. Г. Зайнуллин [1], А. А. Белых [2]

[1] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

[2] Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,

ushkova@ib.komisc.ru

В настоящее время организмы все больше подвергаются воздействию разнообразных источников радиации в результате использования ядерных технологий в промышленности, испытаний ядерного оружия, техногенных катастроф. В медицине широко применяют методы лучевой диагностики и терапии. Есть территории, отличающиеся повышенным радиационным фоном и имеющие гранитосодержащие материалы с высокой радиоактивностью. Все эти факторы влияют на образование генетических повреждений, повышая их уровень. Известно, что основополагающий вклад в радиоустойчивость клетки вносят процессы репарации ДНК и детоксикации свободных радикалов (Li et al., 2001; Koukourakis, 2012).

Поскольку при действии гамма-излучения разной интенсивности наблюдается неоднозначная стресс-реакция клеток, то наиболее важным с точки зрения оценки генетической опасности облучения является понимание механизмов формирования радиационных эффектов и участие в этом процессе основных систем репарации и детоксикации.

Цель представленной работы состоит в изучении цитогенетических реакций мутантных линий *Drosophila melanogaster* на действие низкоинтенсивного и острого облучения.

Материал и методы. В работе использовали следующие линии дрозофилы: линию дикого типа *Canton-S* (*CS*), мутантные по репарации двуцепочечных разрывов ДНК (*rad54*) и детоксикации свободных радикалов (*sod*) линии. Все экспериментальные варианты подвергали гамма-излучению в малых 0.03, 0.05, 0.08, 0.12, 0.15, 0.2 Гр (от источника ^{226}Ra (56 мГр/ч)) и в высоких 0.3, 0.5, 1, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 150 Гр (на установке «Исследователь» (^{137}Cs, 0.75 Гр/мин))

дозах. Контрольные и облученные варианты поддерживали в идентичных условиях (при температуре 25±0.1ºС, режиме освещения 12 ч/сут и стандартном корме). В качестве цитогенетического анализа использовали метод «ДНК-комет», характеризующийся как метод электрофоретического разделения фрагментов ДНК в клетках, иммобилизованных в агарозный гель (Bilbao et al., 2002). Результаты по частоте индуцированных повреждений ДНК представлены после пяти последовательных учетов. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 7.0.

Результаты и обсуждение. На основе данных цитогенетического анализа нервных ганглиев личинок дрозофилы мы определили уровень спонтанных и индуцированных повреждений ДНК в нейтральных условиях электрофореза. Результаты экспериментального исследования показали (Рис.), что в условиях ионизирующего излучения в малых дозах (0.03-0.2 Гр) изменение числа поврежденных клеток у линий *CS* и *sod*, в отличии от линии *rad54*, носит немонотонный характер, т.е. имеются дозы облучения (0.03 и 0.12 Гр), при которых частоты выхода цитогенетических повреждений принципиально различаются. У *sod*-мутантов при воздействии низкоинтенсивного облучения в дозах 0.03-0.15 Гр частота разрывов ДНК ниже контрольного уровня. Увеличение выхода повреждений ДНК зафиксировано при дозах 0.5 (в соматических клетках линии *sod2*) и 20 (в соматических клетках линии *sod1*) Гр. Отметим, что у особей *sod*-линий, характеризующихся низким уровнем синтеза цитоплазматической (Cu/ZnSod, линия *sod1*) и митохондриальной (MnSod, линия *sod2*) супероксиддисмутазы, по сравнению с другими генотипами обнаружена высокая частота спонтанных повреждений ДНК. Данный факт подтверждается другими исследователями, которые выявили повышенный уровень спонтанно возникающих генетических нарушений в соматических и половых клетках линий *sod* (Woodruff et al., 2004).

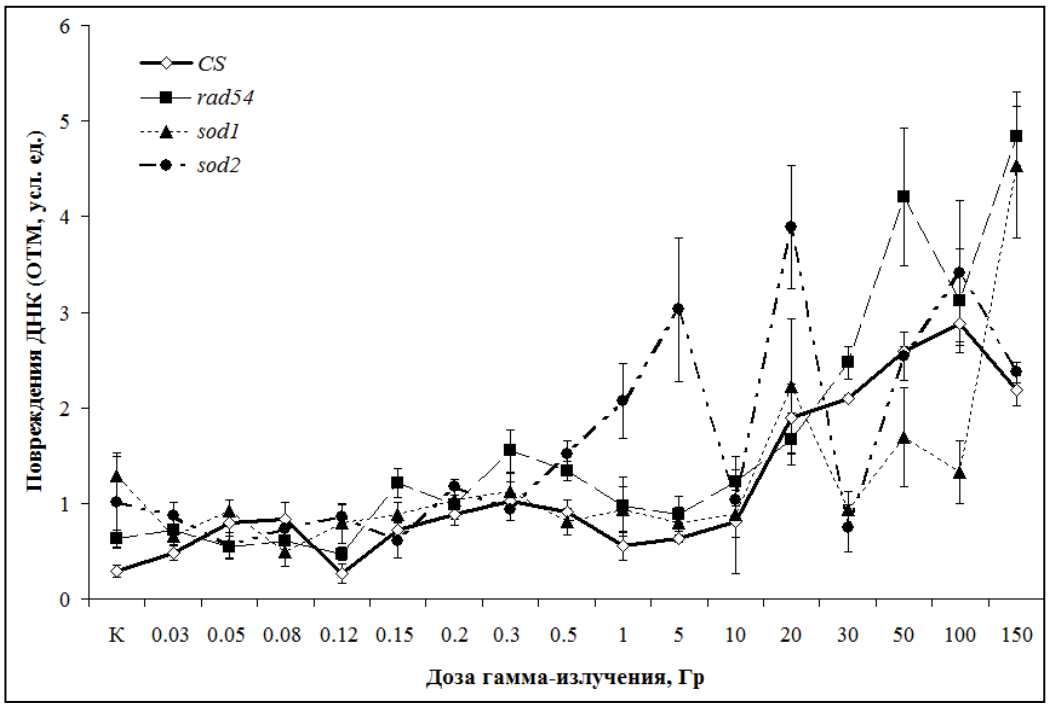


Рис. Зависимость выхода повреждений ДНК в клетках дрозофилы от дозы гамма-излучения

У радиочувствительных мутантов линии *rad54*, имеющих дефект в репарации двунитевых разрывов (ДР) ДНК, частота цитогенетических повреждений возрастает с дозой облучения. *Rad54* (*okr*), являющийся гомологом человеческого гена *hRad54*, отвечает за восстановление ДР ДНК по типу межхромосомной рекомбинации и контролирует переход фаз S/G2 митотического цикла (Kooistra et al., 1999). Наблюдаемая линейная зависимость выхода цитогенетических повреждений от дозы облучения у особей данного генотипа скорее всего связана с накоплением невосстановленных в ходе репарации радиационно-индуцированных ДР ДНК. Образование такого типа повреждений ДНК является основным событием большей части реакций генетической нестабильности в облученных клетках.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют в пользу предположения о том, что определяющим фактором повышенной индукции повреждений ДНК в ответ на радиационное воздействие является сниженная активность репарационных генов, в частности *okr*, отвечающих за восстановление ДР ДНК. В то время как значимость участия в формировании эффекта дозы ионизирующего излучения генов семейства *sod* имеет второстепенную роль. При этом, сравнивая реакции двух *sod*-линий, нами отмечено, что наибольшее влияние на возникновение повреждений ДНК в клетках дрозофил оказывали токсические супероксидные радикалы, образующиеся после облучения в митохондриях (линия *sod2*). Как правило, митохондрии характеризуются более эффективной антиоксидантной системой защиты (Szeto et al., 2013). Выбранная нами схема эксперимента позволяет не только проанализировать закономерности изменения уровней цитогенетических эффектов в зависимости от поглощенной дозы, но и сопоставить биологическую эффективность разных мощностей доз.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программой Президиума РАН, проект № 0414-2015-0024.

Литература

Bilbao C., Ferreiro J. A., Comendador M. A., Sierra L. M. Influence of mus201 and mus308 mutations of Drosophila melanogaster on the genotoxicity of model chemicals in somatic cells in vivo measured with the Comet assay // Mutat. Res. 2002. V. 503. № 1. P. 11–19.

Kooistra R., Pastink A., Zonneveld B. M., Lohman P. H., Eeken J. C. J. The Drosophila melanogaster DmRAD54 gene plays a crucial role in double-strand break repair after P-element excision and acts synergistically with Ku70 in the repair of X-ray damage // Molec. and Cel. Biol. 1999. V. 19. № 9. P. 6269–6275.

Koukourakis M. . Radiation damage and radioprotectants: new concepts in the era of molecular medicine // Br. J. Radiol. 2012. V. 85. № 1012. P. 313–330.

Li L., Story M., Legerski R.J. Cellular responses to ionizing radiation damage // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2001. V. 49. P. 1157–1162.

Szeto Y.T., Wong K.S., Kalle W., Pak S.C. Antioxidative properties of traditional herbal medicines and the application of comet assay on antioxidative study // TANG. Human Medicine. 2013. V. 3. № 3. P. 22.

Woodruff R.C., Phillips J.P., Hilliker A.J. Increased spontaneous DNA damage in Cu/Zn superoxide dismutase (SOD1) deficient Drosophila // Genome. 2004. V. 47. P. 1029–1035.

БИОПЕСТИЦИДНАЯ КОМПОЗИЦИЯ НА ОСНОВЕ ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ СУБСТРАТОВ И ЭНТОМОПАТОГЕННОГО ГРИБА

И. Э. Шарапова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
scharapova@ib.komisc.ru

В настоящее время существует определенная потребность в разработке дешевых, безопасных и эффективных биопрепаратов или средств на основе энтомопатогенных микроорганизмов – биопестицидов, которые могут успешно использоваться для защиты растений от насекомых-вредителей. Одними из наиболее перспективных микроорганизмов для управления численностью популяций насекомых являются штаммы энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana*, вызывающие микозы у определенных групп насекомых (биопрепарат Боверин на основе штамма *B. bassiana* F-72; Огарков, Огаркова, 2000). Подобно большинству энтомопатогенных грибов, *B. bassiana* инициирует заражение путем прорастания споры (конидии), прикрепляющейся к кутикуле насекомого-хозяина, поражает насекомых в фазе развития куколки и имаго. Следовательно, для получения эффективного препарата или биопестицидной композиции необходимо использование субстратов и условий, влияющих на рост, жизнеспособность и активность биологического агента – споросодержащую биомассу энтомопатогенной грибной культуры.

Цель данной работы – на примере штамма энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* (ВКПМ F-145) выявление особенностей культивирования для создания новой формы препарата – биопестицидной композиции на его основе с использованием лигноуглеводных субстратов.

Для этого решали следующие задачи: определить оптимальный состав питательной среды при глубинном культивировании гифомицета; оценить перспективность использования различных лигноцеллюлозных материалов для твердофазного культивирования и исследовать возможность получения иммобилизованной формы промышленного энтомопатогенного штамма грибной культуры с использованием в качестве носителя и компонента биопестицидной композиции лигноуглеводных субстратов.

Для оценки динамики роста и определения оптимального состава питательной среды для глубинного культивирования штамм гриба выращивали в динамичных условиях в течении 3–5–7 суток на жидких питательных средах: Чапека (Градова и др., 1999; Билай, 1982), на средах, содержащих побочные продукты молочного и пивного производств г. Сыктывкара, а именно пивное неохмеленное сусло или творожную сыворотку. Для исследований использовали творожную сыворотку различного состава с или без добавления биогенов и косубстрата дизельного топлива (ДТ), а также при различной концентрации их внесения.

На 7 сутки полученные накопительные культуры гриба содержали биомассу 5–18 г/л. Длительность лаг-фазы гифомицета была практически одинако-

ва для всех субстратов. Обнаружено, что наиболее высокая продуктивность гриба проявляется в сочетании глубинного и поверхностного культивирования на комбинированной среде с молочной сывороткой и ДТ. Содержание биомассы в культуральной жидкости гифомицета, полученного глубинно-поверхностным культивированием, возможно до 30 г/л и с концентрацией спор в суспензии $10^{12–14}$ КОЕ/мл, тогда как в суспензии стандартной среды Чапека и среде с пивным суслом не более $(4,7±0,5)x10^8$ и $(2±0,5)x10^9$ КОЕ/мл за тот же период.

Исследования ферментативной активности штамма энтомопатогенного гриба *B. bassiana* (оксидазной, каталазной активности (Звягинцев, 1991), дегидрогеназной активности (Хазиев, 2005), а также целлюлозолитической активности (Teather, Wood, 1982), выращенного на различных питательных средах показали неоднозначные результаты. Целлюлозолитическая активность гриба отмечена практически для всех субстратов. Оксидазная активность и более высокие показатели дегидрогеназной активности обнаружены в грибной культуре, полученной на питательной среде, содержащей молочную сыворотку с минимальной концентрацией биогенов и косубстрата.

Скрининг лигноуглеводных субстратов в качестве компонента биопестицидной композиции и для иммобилизации энтомопатогенного гриба на адаптированном носителе провели с использованием древесных опилок хвойных пород (отход деревообрабатывающей промышленности) соответственно вариантам с или без предварительной обработки щелочью, кислотой или органическим растворителем. Для инокулирования лигноцеллюлозных субстратов применили споровую суспензию гриба, полученную на среде с молочной сывороткой и биогенами при их оптимальной концентрации. Оценку перспективности использования предобработанных древесных пилок для твердофазного культивирования гриба провели в соответствии с методикой тестирования (Билай, 1982). Интенсивность роста колоний и дезорганизацию субстрата оценивали по 4-х балльной шкале на 5–10–14 сутки культивирования гриба в последней повторности. Активность культуры оценивали по сумме баллов, набранных за весь период инкубирования и выставляемых через определенные промежутки времени в течение всего периода.

Проведенные исследования показали, что по сумме баллов наиболее адаптированным лигноуглеводным субстратом в качестве носителя для иммобилизации энтомопатогенного гриба являются древесные опилки, обработанные органическим растворителем и щелочью.

Результаты исследований позволяют прийти к заключению, что при создании новой формы биопестицидной композиции на основе штамма энтомопатогенного гриба значительную роль играют направленные применение биотехнологических приемов культивирования, а также подбор субстратов. Отмечено, что культивирование штамма *B. bassiana* (ВКПМ F-145) с использованием доступных и дешевых материалов в качестве субстратов позволяет значительно повысить активность и агрессивность за счет увеличения споросодержащей биомассы грибной культуры. Установлено, что в биопестицидной композиции, включающей активный агент – споросодержащую биомассу штамма гриба

Beauveria bassiana, в качестве сельскохозяйственно приемлемого носителя наиболее адаптированным лигноуглеводным субстратом являются предобработанные древесные опилки.

Литература

Градова Н. Б., Бабусенко Е. С., Горнова И. Б., Гусарова Н. А. Лабораторный практикум по общей микробиологии. М., 1999. 130 с.

Методы экспериментальной микологии / Под ред. В. И. Билай. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

Огарков Б. Н., Огаркова Г. Р. Энтомопатогенные грибы Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Иркутск. Ун-та. 2000. 134 с.

Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

Teather R. M., Wood P. J. Use of congo-red polysaccharide interaction in erumeration and characterization of cellulolytic bacteria the bovine rumen // Appl. Environ Microbiol 1982. V. 43. P. 777–780.

ГУСЕОБРАЗНЫЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

В. М. Рябов

Вятский государственный гуманитарный университет,

ryapitschi@yandex.ru

Комплекс мероприятий по изучению позвоночных животных на территории Государственного природного заказника (ГПЗ) «Былина» реализуется с 2004 г. и включает в себя следующие этапы: инвентаризация фауны (2004–2007 гг.) (Рябов, 2007), подготовка Программы ведения фонового мониторинга (2008 г.), реализация Программы мониторинга (с 2009 г. по настоящее время). За указанный период накоплен значительный объем материала о видовом составе, распространении, некоторых тенденциях изменения численности отдельных таксонов.

Далее представлен аннотированный список представителей отряда Гусеобразных – *Anseriformes*, отмеченных за вышеуказанный период на территории ГПЗ «Былина».

Семейство Гусиные – *Anserinae*

Серый гусь – Anser anser (L., 1758)

Пролетный вид. Нерегулярно отмечали по несколько особей (3–12) в разновидовых стаях во время весеннего пролета на присадах на Кайском болоте. П. В. Плесский (1976), ссылаясь на указания охотников, сообщает о гнездовании серого гуся по р. Кае в Подосиновском районе в 1953 г. С тех пор никаких сведений о гнездовании этого вида не поступало, а опрос охотников, рыбаков, сборщиков ягод показал, что ни о каких гнездовьях гусей в данном месте никто не знает.

Гуменник – Anser fabalis (L., 1758)

Пролетный вид. Обычен во время весеннего и осеннего перелета. Более многочислен весной. Над территорией заказника проходит один из основных путей пролета гуменников. Даже в условиях слабо выраженного пролета (например, весна 2006, 2009, 2012 гг.) в сутки регистрируется до 3 – 4 сотен пролетных птиц. Интенсивность весеннего пролета сильно варьирует по годам. На Кайском болоте на присадах в первой декаде мая насчитывалось одновременно до 2–2,5 тыс. гусей. Осенний пролет выражен слабо. Остается открытым вопрос о возможности гнездования гусей (серый? гуменник?) в пределах Кайского болота. На территории которого вне заказника весной ведется охота на гуся. Весенний пресс охоты является значительным фактором беспокойства, ограничивающим вероятность возникновения гнездовий. Включение всего Кайского болота в состав заказника создаст предпосылки к возникновению (восстановлению?) гнездовий гусей.

Белолобый гусь– Anser albafrons (Schopoli, 1769)

Пролетный вид. Отмечен во время весеннего перелета. В отдельные годы численно преобладает над гуменником (2009, 2012, 2013). Над территорией заказника проходит один из основных путей весеннего пролета. На осеннем пролете отмечен не был.

Пискулька – Anser erythropus (L., 1758)

Пролетный вид. Впервые на территории заказника стайку пискулек из 7 особей мы наблюдали 2 мая 2010 г. на Кайском болоте. Вид занесен в Красную книгу РФ (Красная…, 2001) и Красную книгу Кировской области - II категория – редкий в недавнем прошлом вид, численность которого быстро сокращается (Красная…, 2014).

Лебедь-шипун – Gignus olor (Gmelin, 1789)

Пролетно-кочующий вид. Ежегодно стаи летующих, или пролетных лебедей встречаются на территории заказника. Вид внесен в Красную книгу Кировской области – IV категория – вид, статус редкости которого не установлен в виду недостатка сведений (Красная…, 2014).

Лебедь - кликун – Cignus cignus (L., 1758)

Пролетно-кочующий вид. Впервые зафиксирован на территории заказника в мае 2012 г. С этого времени ежегодно стаи (7–21 особей) кликунов отмечаются во время весеннего и осеннего пролета. Внесен в Красную книгу Кировской области – IV категория – вид, статус редкости которого не установлен в виду недостатка сведений (Красная…, 2014).

Семейство Утиные – Anatidae

Кряква – Anas plathyrhynchos(L., 1758)

Гнездящийся обычный перелетный вид. Один из наиболее массовых видов на территории заказника. Отмечены многочисленные факты гнездования на Кайском болоте (оз. Васино), рр. Кая, Молома, Пелегова, Верховская и Яхреньгская Былина, Ертач.

Свиязь – Anas penelope L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид. В заказнике свиязь обычна, в отдельные годы (2007) многочисленна на весеннем и осеннем пролете. Факты гнездования нами отмечены на р. Молома (2011 г.), р. Яхреньгская Былина

(2010 г.). В конце июня 2006 г. нами наблюдалась стайка самцов свиязи (15 особей), оставшихся на линьку на озере Васино.

Широконоска – Anas clypeata (L., 1758)

Немногочисленный гнездящийся перелетный вид. В гнездовой период отмечена на р. Молома, Кайском болоте. Чаще широконоски встречаются во время весеннего пролета у северо-западной границы заказника (устьевой участок р. Пелегова).

Чирок-свистунок – Anas crecca (L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид. Один из самых массовых видов уток на территории заказника. Факты гнездования отмечены по всем рекам в пределах заказника а также на Роговском и Кайском болотах.

Чирок-трескунок – Anas guerguedula (L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид. В заказнике достаточно обычен на весеннем и осеннем пролете. Отмечены факты гнездования на Роговском и Кайском болотах. Встречается реже, чем чирок-свистунок.

Шилохвость – Anas acuta (L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид. В заказнике довольно обычна, а в отдельные годы (2007, 2012) многочисленна на весеннем пролете. Отмечены факты гнездования на Кайском и Роговском болотах, по р. Новгородке.

Гоголь – Bucephala clancula (L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид. В заказнике обычен на весеннем и осеннем пролете по рр. Молома и Былина. В гнездовой период гоголи встречались нам на озере Васино, р. Молома, Шечуг.

Хохлатая чернеть – Aythya fuligula (L., 1758)

Немногочисленный вероятно гнездящийся перелетный вид. В пределах заказника вид многочислен во время весеннего и осеннего пролета. Достоверных фактов гнездования не зафиксировано. Ежегодно в летний период (июнь, июль) отмечали скопления самцов хохлатой чернети до 20 особей на оз. Васино и Безымянное.

Морская чернеть – Aythya marila (L., 1758)

Пролетный вид. Достаточно обычна во время весеннего и осеннего пролета в пойме р. Юг.

Красноголовый нырок (чернеть) – Aythua ferina (L., 1758)

Вероятно гнездящийся перелетный вид. В пределах заказника немногочислен на весеннем и осеннем пролете. Достоверных фактов гнездования не известно.

Турпан – Melanita fusca (L., 1758)

Редкий пролетный вид. За период наблюдений турпанов дважды наблюдали на территории заказника в 2012 (одиночный самец на оз. Васино) и 2014 (5 взрослых птиц в устье р. Пелегова) гг.

Большой крохаль – Mergus merganser (L., 1758)

Редкий пролетный, возможно гнездящийся вид. На территории заказника встречи крохалей носят случайный, единичный характер. Чаще отмечается на осеннем пролете. В конце мая 2012 г. самка большого крохаля была встречена в

устье р. Былина, что позволяет предполагать вероятность гнездования вида на территории заказника.

Луток – Mergus albelus (L., 1758)

Редкий пролетный, возможно гнездящийся вид. Чаще встречается во время весеннего пролета по р. Молома, на устьевом участке р. Пелегова. В конце мая 2013 г. пару лутков с гнездовым поведением наблюдали на р. Молома, близ устья р. Ертач.

Мандаринка – Aix galericulata (L., 1758)

Залетный вид. Гнездовой ареал вида находится на большом удалении от территории Кировской области. Однако, 3 мая 2007 г. самца мандаринки мы наблюдали на р. Юг близ устья р. Пелегова у северо-западной границы заказника (Рябов, 2007). Вид занесен в Красную книгу РФ (Красная…, 2001).

Таким образом, на территории ГПЗ «Былина» отмечено пребывание 20 видов гусеобразных, что составляет 64 % от видового состава этого отряда в пределах Кировской области и 30% от состава гусеобразных Российской Федерации. Из них для 8 видов (40%) достоверно подтвержден факт гнездования, 3 вида (15%) имеют не определенный гнездовой статус ввиду недостаточности данных о пребывании на территории заказника, 8 видов (40%) пролетных и один вид (5%) является залетным.

Литература

Коблик Е. А., Редькин Я. А., Архипов В. Ю. Список птиц Российской Федерации. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 281 с.

Красная книга РФ (Животные). М.: АСТ «Астрель», 2001. 864 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд.2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Плесский П. В. Класс Птицы // Животный мир Кировской области. Вып. 3. Киров, 1976. 134 с.

Рябов В. М. Фауна Государственного природного заказника «Былина». Ч. 1. Позвоночные животные. Киров, 2007. 178 с.

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Киров: ООО «Триада С», 1999. 432 с.

ВСТРЕЧИ ВЫВОДКОВ УТОК НА ТЕРРИТОРИИ г. КИРОВА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ В МАЕ – ИЮЛЕ 2015 г.

А. В. Елкина, Ф. С. Столбова

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

annajolkina@mail.ru, Fainasttolbova@gmail.com

Городская среда обитания оказывает непосредственное влияние на изменение привычного образа жизни диких птиц, которые на сегодняшний день считаются неотъемлемой частью городских ландшафтов. К этим видам относятся представители семейства утиных (*Anatidae*). На развивающуюся степень урбанизацииуказывают не только изменения мест локализации, кормовых объектов и др., но и появление на городских скверах и водоемах выводков пред-

ставителей утиных. Город предъявляет к птицам определенные требования, создавая множество ограничений для их существования. Для птенцов факторами-ограничителями могут быть недостаток белковой пищи и повышенная загрязненность водоемов, в том числе различными солями.

Наблюдения проводились намис 12.05 по 16.07.2015 года, обследовано более 20 водоемов на территории города Кирова и его окрестностей. Одним из самых распространенных видов в г. Кирове, как и во многих других городах России, в настоящее время является кряква (*Anas plathyrhynchos*). Выводки кряквы также наблюдалисьчаще других видов уток. Они были встречены как в центре города, так и в его окрестностях: на прудах у Диорамы (парк им. С. М. Кирова), улицах Северо-Садовой, Ердякова, Преображенской, Солнечной, Комсомольской (у Дома культуры железнодорожников), на перекрестках улиц Трактовая и Шельпяковской, ул. Герцена и Октябрьского проспекта, в п. Чистые пруды, на пруду Русянка, на пруду в п. Захарищевы, Костино, Заречном парке и на реке Вятке, на прудах в окрестностях биохимзавода (рис.). Выводки хохлатой чернети (*Aythya fuligula*) отмечены в Заречном парке, на пруду в п. Захарищевы и на прудах, расположенных на территории биохимзавода. В Заречном парке, на пруду в п. Захарищевы и на одном из прудов у биохимзавода мы наблюдали выводки чирка-трескунка (*Anas querquedula*), в каждом из мест наблюдений по одному, реже встречались два-три выводка. Кроме того, на прудах у биохимзавода были отмечены 2 выводка красноголовой чернети (*Aythya ferina*).

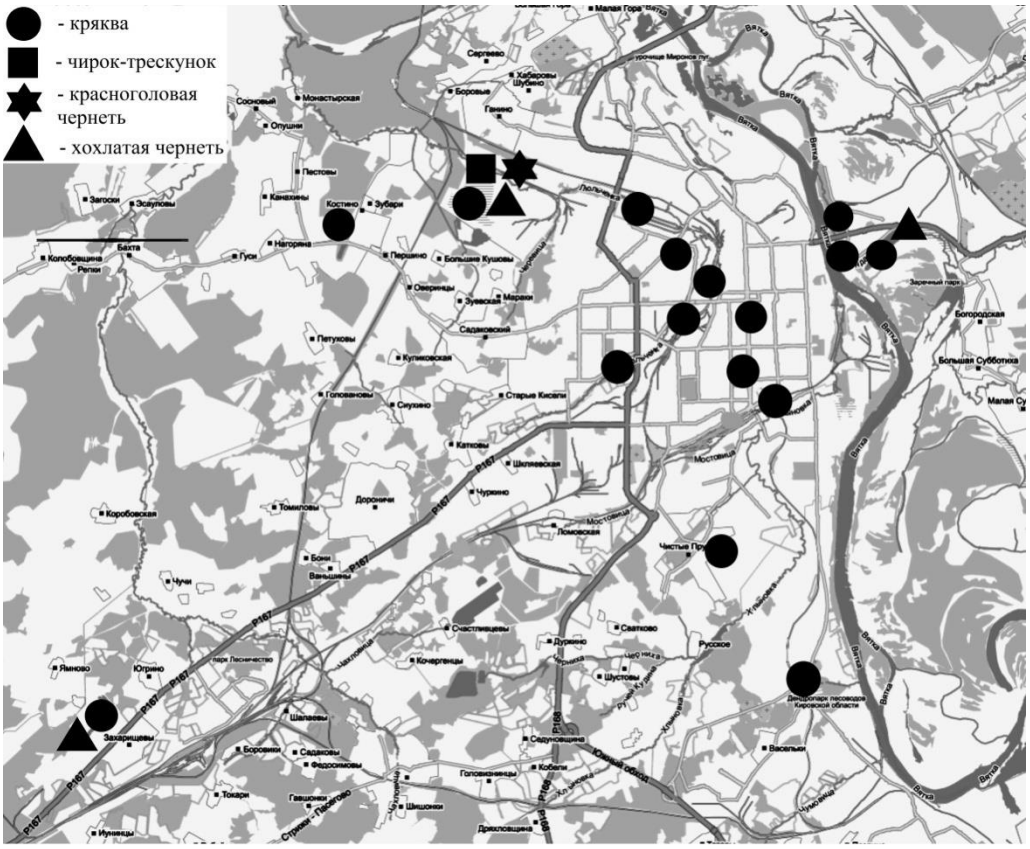


Рис. Распределение выводков на территории г. Кирова в 2015 г.

В естественной среде обитания выводки кряквы обычно размещаются на наиболее продуктивных водоемах, предпочитая заросшие по краям озера и пруды (Patterson, 1976). В 2015 году мы наблюдали их на большей части городских водоемов. Было учтено 28 выводков кряквы, количество птенцов в них варьировало от 1 до 11. В выводках, встреченных в июле, число птенцов было меньше и, как правило, не превышало 4–5. В 5 выводках хохлатой чернети было от 3 до 10 птенцов.

Относительно небольшое количество птенцов в выводках,встреченных в центральной части города, безусловно, связано с влиянием внешних факторов при перемещении птиц по улицам города. Выводки отмечались на различных водоемах, на улицах с оживленным движением, также на железнодорожных путях при перемещении к близлежащему водоему. Гнезд в окрестностях мест встречвыводков не было обнаружено, поэтому следует предположить, что кладки могли быть расположены достаточно отдаленно от водоемов и в скрытных местах. Следует также заметить, что количество яиц в кладке у диких и городских птиц существенно не отличается. Так, И. В. Авилова (1994) отмечает, что количество яиц, откладываемых самкой, меняется в широких пределах, но у городских и птиц, гнездящихся в естественных ландшафтах, совпадает. Величина выводков первоначально также является сходной, но в городских условиях выживаемость потомства меньше.

У птенцов нами отмечались поведенческие адаптации, связанные с городской средой. Большую часть времени птицы в летнее время проводят на водоеме и используют естественные корма. В то же время подросшие птенцы иногда питались, как и взрослые, продуктами, приносимыми горожанами, приближались к появившемуся человеку, но были более пугливыми по сравнению со взрослыми особями. Они держались от человека на расстоянии более 1 метра, не выходя на берег из воды. При попытке приближения к одному из них птенцы уплывали на более безопасное расстояниеСамки, подпуская человека на предельное расстояние, все же стремились увести утят в безопасные места. Нередко самки уводили выводок под берег или в заросший участок водоема, при этом имитируя неспособность к полету. Но защитная реакция на появление человека проявлялась не на всех водоемах. Так, например, в парке имени С. М. Кирова, самка при появлении человека не проявляла никаких защитных реакций.

В центральной части города у уток ослабевает инстинкт самосохранения из-за отсутствия естественных врагов и частых контактов с человеком. Можно предположить, что выводки, которые непосредственно появились в городе, при попадании в естественную среду неспособны к самозащите, так как не нуждались в ней, находясь в городской среде обитания. Такие птицы могут статьболее легкой добычей для хищников, а так же из-за отсутствия страха перед человеком, возможно, более легкой добычей для охотников.

Как видно из приведенных данных, в центральной части города встречаются только выводки кряквы, а на периферии могут быть встречены выводки и других видов уток – хохлатой чернети, чирка-трескунка. По нашим данным, в окрестностях города в последние годы увеличивается численность хохлатой

чернети. В 2013 и 2014 гг. мы находили гнезда данного вида на территории Заречного парка, у прудов в п. Захарищевы и у биохимзавода. Численность взрослых чернетей в июне – начале июля здесь составляет от 10 до 30 особей. На этих же водоемах в начале июня были встречены гоголь (*Bucephala clangula)*, свиязи (*Anaspenelope*) и широконоски (*Anasclypeata*), но выводков этих видов нам, к сожалению, увидеть не удалось.

Литература

Авилова И. В., Корбут В. В., Фокин С. Ю. Урбанизированная популяция водоплавающих (Anasplathyrhynchos) г. Москвы. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1994. 175 с.

Patterson J. H. The role of environmental heterogenety in the regulation of duck population // J. Wildl / Manag., 1976. V. 40. № 1. P. 22–32.

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ СЕЗОНА ОХОТЫ НА ВЕЛИЧИНУ ДОБЫЧИ ЛОСЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

С. А. Чайкин

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

schaikin.vniioz@yandex.ru

Производительность промысла, а также его результат, выражающийся в количестве и качестве добытой продукции, в значительной степени зависят от сроков отстрела лосей. Во многих регионах нашей страны сроки отстрела лосей всех половозрастных групп установлены с 1 октября по 15 января. Это достаточно длительный период, продолжительность которого определяется малой производительностью существующих способов охоты.

Отдельные исследователи (Глушков, 2001; Дворников, 1989) справедливо отмечали отрицательное воздействие длительного периода охоты на популяции лося, которое выражается в увеличении пространственного перемещения лосей, а также на результат промысла, поскольку в конце сезона охоты животные теряют часть массы. В экологическом аспекте более ранние сроки промысла оправданы тем, что неопромышленная часть популяции лося на зиму будет лучше обеспечена кормами, более продолжительное время будет освобождена от воздействия дополнительного фактора беспокойства.

Объективные рекомендации по сокращению продолжительности периода промысла и переноса его на более ранние сроки давали Ю. П. Язан (1975), О. С. Русаков (1989), М. Г. Дворников (1989) и др. Так В. М. Глушков (2001) указывал, что в течение сезона отстрела масса лосей снижается примерно на 8,5%.

Данная работа направлена на выявление взаимозависимости сроков начала и окончания сезонов охоты на добычу лося на территории Пермского края.

В процессе выполнения работы нами применялись общепринятые методы полевых, лабораторных и биометрических исследований (Зарипов, 1964; Лакин, 1990).

На территории Пермского края в 2009, 2012 и 2013 гг срок охоты на лося был утвержден с 1 октября по 15 января, а в 2010 и 2011 гг – с 1 октября по

31 декабря. Данные промысловых проб за эти года проанализированы и представлены в виде таблиц.

В таблице 1 представлены данные распределения добытых самок лосей по датам отстрела в течение каждого сезона охоты, в таблице 2 – данные распределения добытых самцов лосей по датам отстрела в течение каждого сезона охоты.

По полученным результатам (табл. 1, табл. 2) видно, что за 5 лет наблюдений в начале сезона в течении октября добывается до 3% от всех добытых лосей; в первой декаде ноября – до 5% и только в конце ноября объем добычи лося достигает 10–12% от общего за сезон. В сумме за два первых месяца охоты добывается 11,6–30,0% лосей. В последние 30–40 дней сезона охоты добывается 70,0–88,4%, в том числе за 10 дней до окончания срока охоты – 37–45% от всех добытых лосей. Вне зависимости от срока окончания сезона охоты на лося 45–60% лосей добывается с 21 декабря по 15 января.

Это дает полагать, что в последние 10–20 дней охоты на популяцию лосей оказывается сильное антропогенное воздействие, которое приводит к сильным пространственным перемещениям лосей, выраженным в вынужденной смене характерных стаций для обитания лося на менее благоприятные.

М. Г. Дворниковым (1989) были разработаны нормы добычи, исходя из объема общего отхода (смертности) лосей, включая промысел, составляющего 22–31% для различных природных сообществ. Автор рекомендовал производить промысел лося в товарных целях с 1 октября по 30 ноября, а в спортивных – с 15 октября по 15 декабря, корректирующую добычу – с 15 декабря по 15 января.

В результате проведенного анализа величины подекадной добычи лося на территории Пермского края в течении 2009–2014 гг. установлено следующее.

В начале сезона, в первой-третьей декадах октября, добывается не более 3% от общего количества добытых в данный сезон охоты животных. Вне зависимости от срока окончания сезона охоты 45–60% лосей добывается с 21 декабря по 15 января, в том числе в последние 10 дней охоты 37–45% от всех добытых лосей.

Таблица 1

Распределение добытых самок лосей подекадно (по данным промысловых проб)

Сезон охоты		Общая выборка, особей	октябрь			ноябрь			декабрь			январь
			1 декада	2 декада	3 декада	1 декада	2 декада	3 декада	1 декада	2 декада	3 декада	1 декада
2009–2010	Итого, особей	305	0	0	8	14	28	27	23	34	48	123
	процент	100	0	0	2,6	4,6	9,2	8,6	7,6	11,2	15,8	40,4
2010–2011	Итого, особей	198	0	1	2	1	5	21	24	69	73	2
	процент	100	0	0,5	1,0	0,5	2,5	10,6	12,1	34,9	36,9	1,0
2011–2012	Итого, особей	269	0	2	3	14	29	25	42	51	103	0
	процент	100	0	0,7	1,1	5,2	10,8	9,3	15,6	19,0	38,3	0
2012–2013	Итого, особей	280	0	0	5	10	24	23	44	23	34	117
	процент	100	0	0	1,8	3,6	8,6	8,2	15,7	8,2	12,1	41,8
2013–2014	Итого, особей	240	0	2	3	9	8	24	36	34	33	91
	процент	100	0	0,8	1,3	3,8	3,3	10	15	14,2	13,8	37,8

Таблица 2

Распределение добытых самцов лосей подекадно (по данным промысловых проб)

Сезон охоты		Общая выборка, особей.	август	сентябрь			октябрь			ноябрь			декабрь			январь
			3 декада	1 декада	2 декада	3 декада	1 декада	2 декада	3 декада	1 декада	2 декада	3 декада	1 декада	2 декада	3 декада	1 декада
2009–2010	Итого, особей	723	0	1	9	9	0	0	8	26	51	68	33	81	113	326
	процент	100	0	0,1	1,2	1,2	0	0	1,1	3,6	7,1	9,3	4,6	11,2	15,5	45,1
2010–2011	Итого, особей	575	2	1	4	23	0	0	7	6	12	41	56	155	266	2
	процент	100	0,3	0,2	0,7	4	0	0	1,2	1,1	2,1	7,1	9,7	27,0	46,3	0,3
2011–2012	Итого, особей	786	1	2	9	33	1	2	10	17	56	67	100	134	352	0
	процент	100	0,1	0,3	1,1	4,2	0,1	0,3	1,3	2,2	7,1	8,5	12,8	17,1	44,9	0
2012–2013	Итого, особей	673	0	0	5	36	1	3	7	15	42	50	77	51	92	294
	процент	100	0	0	0,7	5,3	0,1	0,4	1,0	2,2	6,2	7,4	11,4	7,7	13,8	43,8
2013–2014	Итого, особей	444	0	0	2	7	1	3	7	13	10	54	50	56	72	169
	процент	100	0	0	0,5	1,6	0,2	0,7	1,6	2,9	2,2	12,2	11,2	12,6	16,2	38,1

В целях рационализации промысла и снижения пресса охоты на популяцию лося на исследуемой территории следует оптимизировать продолжительность сроков охоты путем переноса начала охоты на лося на последнюю декаду октября – первую декаду ноября.

Литература

Биология и использование лося. Обзор исследований. М.: Наука, 1986. 161 с.

Глушков В. М. Лось. Экология и управление популяциями. Киров, 2001. 318 с.

Дворников М. Г. Экологические аспекты эксплуатации, производства и охраны диких копытных Урала // Управление популяциями диких копытных животных: Сб. научных трудов. Киров: ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, 1989. С. 75–80.

Егошина Т. Л., Храмов А. Ф., Чайкин С. А. Состояние популяции лося и среды обитания на территории Пермского края // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование: Сб. материалов III Всероссийской с междунар. участием науч.-практ. конф. Елабуга: Изд-во Елабужского ин-та К(П)ФУ, 2013. С.132–135.

Зарипов Р. З. К методике определения возраста лосей // Природные ресурсы Волжско-Камского края. М.: Наука, 1964. С. 30–45.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

Русаков О. С. Об экологических и охотхозяйственных аспектах рационализации промысла копытных на Северо-западе СССР // Управление популяциями диких копытных животных. Киров: Изд-во «Кировск. Правда», 1989. С. 48–59.

Чайкин С. А., Храмов А. Ф., Егошина Т. Л. Репродуктивные показатели популяции лося на территории Пермского края // Закономерности функционирования природных и антропогенно-трансформированных экосистем: Материалы Всерос. науч. конф. Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2014. С. 79–83.

Язан Ю. П. Принципы регулирования норм и сроков добывания копытных // Копытные фауны СССР. Экология, морфология, использование и охрана. М.: Наука, 1975. С. 234–236.

ЗАРАЖЕННОСТЬ ГЕЛЬМИНТАМИ АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

О. В. Масленникова, Д. П. Стрельников

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

olgamaslen@yandex.ru

Одной из задач фаунистических исследований является уточнение пребывания и роли видов животных и их групп в естественных и антропогенных биоценозах. Особенно актуальны такие исследования в сильно трансформированных природных системах, где ряд видов диких животных мог либо исчезнуть, либо приспособится к обитанию в измененных условиях. Американская норка была акклиматизирована в России как пушной вид, имеющий ценный мех. Изучение вопросов, касающихся биоценотических связей американской норки в антропогенных местообитаниях весьма актуально.

Большое значение для науки и практики имеет изучение паразитических организмов диких животных. Паразитируя у различных хозяев, как дефинитивных, так и промежуточных, гельминты могут определять численность и распределение по территории не только этих хозяев, но и других видов животных,

связанных с этими хозяевами трофическими и иными связями (Масленникова, 2005).

Материал собирался на территории Кировской области в 2011–2014 гг. Методом полных гельминтологических вскрытий по К. И Скрябину (1928) в модификации В. М. Ивашкина и др. (1971) было исследовано 25 американских норок антропогенных ландшафтов в окрестностях г. Кирова. Всех норок исследовали на трихинеллёз при помощи компрессория. В каждый компрессорий помещали 48 продольных срезов мышц. Масса навески обычно составляла 0,3–0,5 г. Исследовали икроножные и подъязычные мышцы и ножки диафрагмы. Гельминтов выбирали, проводили количественный учёт, фиксировали: нематод– в жидкости Барбогала; трематод и цестод – в 70% этаноле. Рассчитывали экстенсивность и интенсивность инвазии. Определение гельминтов проводили с помощью определителя (Козлов, 1977). Для определения видового состава гельминтофауны были использованы стереомикроскопы МБС – 1, МБС – 10 и биологические микроскопы Биолам и Микмед. Для фотографирования материала использовали фотокамеру Nikon Coolpix S230.

В Кировской области у американской норки зарегистрировано 15 видов гельминтов, в сопредельных республиках – Татарстане и Башкирии – 11 видов, тогда как в Беларуси – 19. Самой чистой в отношении паразитов следует признать выдру и американскую норку, несмотря на то, что видовой состав гельминтов разнообразен, но встречаются большинство из них редко (Масленникова, 2005, 2013).

Американская норка чаще заражается 4 видами гельминтов, из них 2 вида трематод: *Alaria alata larvae* и *Euparyphium melis* и 2 вида нематод: *Capillaria putorii, C. mucronata* (Масленникова, Стрельников, 2013).

В результате гельминтологического вскрытия 25 американских норок обнаружено 7 видов паразитов, относящихся к двум классам: трематоды и нематоды (табл.). Из 25-ти американских норок число зараженных – 19, что составляет 78%. У одной норки мы находили от 1 до 3 видов гельминтов (чаще 1–2).

Одним из основных факторов, определяющих состав гельминтофауны и частоту встречаемости гельминтов куньих, являются биоценотические связи дефинитивных хозяев и сложность цикла развития гельминтов. В гельминтофауне куньих преобладают виды, сопряженные с хозяевами посредством трофических связей – около 82 % от общего числа (Контримавичус, 1969).

Таблица

Зараженность гельминтами американской норки (*Neovison vison Schreber*, 1777) в окрестностях г. Кирова

Класс и вид гельминта	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии (количество паразитов)		
		минимум	максимум	M±m
Trematoda				
1. *Alaria alata (larvae)*	27,8	1	9	4,0±1,9
2. *Eupariphium melis*	16,0	1	13	7,7±3,5
Nematoda				
3. *Scrjabingylus nasicola*	16,0	1	12	5,3±3,4
4. *Capillaria mucronata*	22,2	2	14	3,5±1,5

Класс и вид гельминта	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии (количество паразитов)		
		минимум	максимум	M±m
5. *Capillaria putorii*	50,0	3	311	126,7±42,3
6. *Trichinella spiralis (larvae)* *	5,6	2,9	2,9	2,9
7. *Oswaldocruzia filiformis*	5,6	3	3	3

* интенсивность заражения, выраженная количеством личинок в 1 г мышечной ткани.

Паразитируют гельминты в различных внутренних органах американских норок, в лобных пазухах, в мышцах, кишечнике и др., при этом каждому виду паразита свойственны определенные места локализации. Заболевание зверьков происходит в результате отравления ядовитыми веществами (токсинами), которые выделяют гельминты в процессе своей жизнедеятельности, а также от механических повреждений органов. Такие повреждения производят паразиты, пробуравливая ткани или присасываясь к слизистой оболочки органов. Кроме того, через них может проникнуть в организм животного инфекция. У четырех из 25 зверьков в лобных пазухах были обнаружены скрябингилюсы (ярко-красные черви длиной 10-40 мм). Минимальное количество – 1, максимальное – 12.

Основным началом в передаче инвазии куньим являются позвоночные животные мелких размеров, составляющие основу рациона этих хищников и одновременно являющиеся резервуарными и дополнительными хозяевами гельминтов (Контримавичус, 1969).

Наибольшую роль в заражении американской норки Кировской области гельминтами играют земноводные, являющиеся дополнительными хозяевами трематод *A. alata* и *E. melis*, хотя промежуточными хозяевами их являются водные брюхоногие моллюски *Limnaea stagnalis, Stagnicola emarginata*, которые редко встречаются в рационе норки (Масленникова, Стрельников, 2013).

Одним из часто встречающихся гельминтов норок, паразитирующим у норок в желудке, является *Capillaria putorii* (50%). По данным Т. С. Скарбилович (1945) заражение *C. putorii* дефинитивных хозяев происходит яйцами, прошедшими развитие во внешней среде. Однако если яйца этой нематоды заглатывает дождевой червь, то вылупившиеся личинки проникают в полость тела и при скармливании дождевых червей куньим инвазируют их. Т. С. Скарбилович считает дождевых червей резервуарными хозяевами этой нематоды. То же можно сказать и о другой нематоде *C. mucronata* (22,2%), промежуточными хозяевами которой также являются дождевые черви *Lumbricus rubellus и Lumbricus sp*. (Скарбилович, 1950).

Довольно низок у американских норок процент заражения скрябингилезом (16%), совсем не отмечено нами заражение филяроидозом, Эти инвазии у куницеобразных являются основополагающими в регуляции численность вида (Граков, 1962, Контримавичус, 1969; Туманов, 2003 и др.), но американская норка является исключением.

Впервые зарегистрирована нематода *Oswaldocruzia filiformis,* являющаяся паразитом земноводных и попавшая в желудочно-кишечный тракт американской норки, по-видимому, с пищей, т.к. в желудочно-кишечном тракте этой исследованной норки были обнаружены останки травяной лягушки. Эта находка еще раз подтверждает большую роль земноводных в питании американской норки. О высоком значении земноводных в питании свидетельствует более высокий процент заражения сосальщиками *Alaria alata larvae* (27,8%) и *Euparyphium melis* (16%), промежуточными хозяевами которых являются земноводные, а также регистрация нематоды *Oswaldocruzia filiformis*.

Выводы. У американской норки в окрестностях г. Кирова выявлено 7 видов паразитических червей из двух классов: трематод и нематод. Экстенсивность заражения 78%. У одной норки встречаются 1-2, редко 3 вида паразитических червей.

Американские норки чаще заражаются 4 видами гельминтов, из них 2 вида трематод: *Alaria alata larvae* и *Euparyphium melis* и 2 вида нематод: *Capillaria putorii, C.mucronata*. У одной американской норки обнаружены личинки *Trichinella sp*., у другой – нематода земноводных *Oswaldocruzia filiformis.* Американские норки не заражаются опасными легочными гельминтами – филяроидесами, которые являются основополагающими в регуляции численность вида.

Литература

Граков Н. Н. Филляроидоз и скрябингилез лесной куницы (*M. martes* L.) и их влияние на состояние популяции этого вида // Тр. Всесоюзного научно-исслед. института животного сырья и пушнины. 1962. Т. 19. С. 298–313.

Ивашкин В. М., Контримавичус В. Л., Назарова Н. С. Методы сбора и изучения гельминтов наземных млекопитающих. М.: Наука, 1971. 121 с.

Козлов Д. П. Определитель гельминтов хищных млекопитающих СССР. М.: Наука, 1977. 275 с.

Контримавичус В. Л. Гельминтофауна куньих и пути ее формирования. М.: Наука, 1969. 428 с.

Масленникова О. В. Гельминтофауна промысловых животных в природных биоценозах Кировской области: Автореф. дис. ... к.б.н. М., 2005. 20 с.

Масленникова О. В. Паразиты диких животных, опасные для человека: Учебное пособие по зоологии для студентов биологического факультета направления 020400 – Биология. Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2013. С. 14.

Масленникова О. В., Стрельников Д. П. Пути заражения американской норки гельминтами в Вятско-Камском междуречье // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф.-выставки экологических проектов с междунар. участием. Киров: Из-во ООО «Веси», 2013. С. 87–89.

Скарбилович Т. С. К изучению биологии *Capiliaria mucronata* и эпизоотологии капилляриоза мочевого пузыря соболей и норок // Тр. ВИГИС. М.: Сельхозгиз, 1950. Т. IV. С. 27–33.

Скарбилович Т. С. Установление у *Capillaria putorii* (Rud. 1819) двух различных типов цикла развития //Докл. АН СССР. Т. 50. 1945. С. 553–554.

Скрябин К. И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М.: МГУ, 1928. 45 с.

Туманов И. Л. Биологические особенности хищных млекопитающих России. СПб.: Наука, 2003. С. 346–399.

ВТОРОЙ СЛУЧАЙ ТРИХИНЕЛЛЕЗА БАРСУКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОРИЧЕВСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. И. Черезов [1], О. В. Масленникова [2]
[1] Вятский государственный гуманитарный университет,
[2] Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
Olgamaslen@yandex.ru

В последние годы наблюдается тенденция к значительному росту случаев трихинеллеза по всей России. В циркуляции трихинеллеза в природных сообществах большую роль играют плотоядные и всеядные животные. Не последнюю роль в этом процессе играют куньи, особенно барсук. Барсук добывается охотниками ради ценного жира, иногда используется в пищу или скармливается собакам. К сожалению, не все охотники знают об опасности трихинеллеза и о том, что барсук может быть источником этого опасного заболевания.

Впервые трихинеллез у барсука на территории Кировской области был зарегистрирован в 1961 году в Арбажском районе (Полуэктов, Сенников, 1962). При исследовании на трихинеллез 14 барсуков в 1967–2001 гг. личинки трихинелл обнаружены у одного (Масленникова, 2013). В Башкортостане и Татарстане отмечен высокий уровень зараженности трихинеллами барсуков, которые являлись источником заражения людей трихинеллезом (Валиуллин и др., 1981; Васильева, 1985; Хазиев и др., 2002).

Распределение личинок трихинелл в различных группах мышц у диких куньих, особенно барсуков, изучено слабо, а это необходимо при диагностике трихинеллеза.

В Оричевском районе Кировской области в 2012–2015 гг. исследовано на трихинеллез 3 барсука. Отбирались 14-15 мышц или групп мышц. Обязательно исследовались подъязычная группа мышц, икроножная и ножки диафрагмы. Из каждой группы мышц заряжали 3 компрессория по 28 срезов в каждом. Массу навески определяли на торсионных весах типа ВТ-500. Записывали количество личинок трихинелл в каждом компрессории, и затем производили расчет личинок трихинелл в 1 г поперечнополосатой мускулатуры. Всего исследовано 2548 срезов мускулатуры.

Два барсука из трех оказались заражены личинками трихинелл. Один барсук был добыт случайно в конце декабря 2012 г. при рытье мелиоративных канав на границе леса и поля в Оричевском районе Кировской области в 3 км от пос. Юбилейный. Это был молодой самец массой 6 кг. Барсук имел сильную степень заражения личинками трихинелл. Средняя интенсивность инвазии составила 789,7± 103,5 личинок в 1 г мышц.

Второй двухгодовалый барсук был сбит машиной у с. Коршик 12 мая 2015 г. Имел массу 7,3 кг и низкую упитанность. Средняя интенсивность инвазии составила 120,1 ±19,4 личинок в 1 г мышц.

Личинки трихинелл локализуются лишь в поперечнополосатой или скелетной мускулатуре. Их нет в сердце, но можно найти в мышцах пищевода, где

расположена поперечнополосатая мускулатура. Личинки неравномерно распределяются в различных группах мышц.

У молодого барсука 1 (Юбилейный) максимальное количество личинок трихинелл обнаружено в икроножной мышце, мышцах брюшной стенки и подъязычных и межчелюстных мышцах (более одной тысячи личинок в одном грамме мышц). Наименьшее число личинок обнаружено в мышцах пищевода, длиннейшей мышце спины и мышцах шеи (265, 488 и 485 личинок). В мышцах языка обнаружено 923 личинки (табл.).

У двухгодовалого барсука 2 (Коршик) максимальное количество личинок отмечено в подъязычной и межчелюстных – 337, языке – 218, жевательной мускулатуре – 177 личинки и передних конечностях – трицепсе и сгибателях пальцев и запястья – по 124 личинки. Наименьшее число личинок трихинелл обнаружено в длиннейшей мышце спины, мышцах пищевода, портняжной мышце и межреберных мышцах (44, 60, 64 и 70 личинок соответственно) (табл.).

Таблица

Распределение личинок трихинелл у барсуков по мышцам и группам мышц

Мышцы и группы мышц	Количество личинок в 1 г	
	Барсук 1 (Юбилейный)	Барсук 2 (Коршик)
Жевательные мышцы	659,0±139,2	177,05±55,5
Язык	923,7±1,3	217,95±23,0
Подъязычные и межчелюстные мышцы	1135,83±39,1	337,75±13,8
Ножки диафрагмы	821,57±126,8	94,95±8,1
Длиннейшая мышца спины	488,65±17,3	43,7±5,8
Межреберные мышцы	526,17±38,7	70,2±1,2
Икроножная мышца	1772,37±272,8	89,35±28,3
Мышцы брюшной стенки	1198,13±117,1	110,7±1,4
Мышцы шеи	485,8±44,0	81,25±18,8
Сгибатель пальцев и запястья	582,45±10,1	123,95±1,6
Трицепс	871,55±121,6	124,0±0,7
Бицепс	не исследовалась	96,45±47,9
Портняжная мышца	823,0±232,1	64,1±28,2
Двуглавая мышца бедра	501,5±78,0	не исследовалась
Четырехглавая мышца бедра	не исследовалась	110,3±5,8
Мышцы пищевода	265,4±12,8	60,4±16,5

Личинки трихинелл, как известно, в большем количестве заселяют те мышцы, которые наиболее интенсивно снабжаются кровью. Наибольшее количество личинок трихинелл в икроножных мышцах у первого барсука можно объяснить тем, что в период расселения личинок по организму барсук много передвигался в поисках пищи, или найденная им трихинеллезная туша находилась на большом удалении от норы. В этот период барсук практически не занимался копкой нор или нора была уже готова к зимовке. У второго барсука, наоборот, в период заражения усиленно работали передние конечности, что связано преимущественно с его роющей деятельностью.

В последние годы наблюдается расселение барсука в некоторых районах Кировской области, увеличение его плотности, а также заселение им территорий вблизи населенных пунктов, дорог. Данный факт был выявлен нами в Унинском районе (Черезов, Масленникова,2015).

Выводы. В Оричевском районе Кировской области из трех барсуков два заражены личинками трихинелл с высокой интенсивностью инвазии – 789,7±103,5 и 120,1±19,4 личинок в 1 г мышц. Распределяются личинки в мышцах неравномерно. Мышцы пищевода и длиннейшая мышца спины в меньшей степени поражаются личинками трихинелл. Межреберные мышцы также поражены незначительно, поэтому мы не рекомендуем их для диагностики трихинеллеза.

У первого и второго барсука наиболее интенсивно были поражены личинками трихинелл подъязычные и межчелюстные мышцы, а также мышцы языка, которые мы рекомендуем для диагностики трихинеллеза.

В природной среде в Оричевском районе произошло накопление большого количества инвазионного материала – личинок трихинелл, что повлекло заражение барсуков. Не последнюю роль в распространении трихинеллеза играет увеличение плотности барсука, заселение им территорий вблизи населенных пунктов и дорог.

Литература

Валиуллин С. М., Махмутова А. А., Мухаметьянов А. З., Мухаметов Р. Ю. Распространение трихинеллеза у диких млекопитающих Башкирии // Третья Всесоюзная конф. по трихинеллезу: тез. докл. Вильнюс, 1981. С. 51–53.

Васильева Д. В. Распространение трихинеллеза среди диких животных Татарии // Четвертая Всесоюзная конф. по трихинеллезу: тез. докл. Ереван, 1985. С. 42–43.

Масленникова О. В. Гельминты диких животных на северо-востоке Европейской части России. Lambert Academic Publishing -Saarbrücken, 2013. 153 с.

Полуэктов А. М., Сенников Н. И. Случай трихинеллеза у медведя и барсука в Кировской области // Тр. Кировского СХИ, 1962. Т. 17. Вып. 29. С. 165–166.

Хазиев Г. З., Сагитова А. С., Гайнуллина И. Р. Профилактика трихинеллеза в Башкортостане // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: Материалы докл. науч. конф. М., 2002. Вып. 3. С. 350–352.

Черезов Е. И., Масленникова О. В. Особенности поселений барсука в пойме р. Лумпун на территории Унинского района Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. (22–24 апреля 2015 г.). Киров: изд-во ООО «Веси», 2015. С. 67–70.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕМАТОДНЫХ ОЧАГОВ В ОХОТУГОДЬЯХ БАССЕЙНА р. ЧЕПЦА

Т. Г. Шихова [1], О. В. Масленникова [2], А. П. Панкратов [1], С. В. Панова [2]
[1] ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М Житкова,
[2] Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
biota.vniioz@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru

Биогельминты относятся к факторам, регулирующим численность позвоночных животных, оказывают влияние на обилие, плодовитость, пищевые и трофейные качества ценных промысловых объектов. Природные биоценозы неравноценны в гельминтологическом отношении. По соотношению типов угодий, характера и размещения водоемов, обилию основных и промежуточных хозяев гельминтов можно оценить потенциальную опасность возникновения паразитозов на той или иной территории (Рыковский, 1980). Учитывая экологическую пластичность гельминтов и зависимость состояния их популяций от погодно-климатических флуктуаций, необходимо отслеживать изменение гельминтологического статуса разных типов охотугодий.

С целью выявления степени гельминтологической опасности охотугодий в бассейне р. Чепца (левый крупный приток Вятки) после ряда засушливых лет (2009, 2010, 2011, 2013 гг.) исследовалось состояние популяций пресноводных моллюсков, а также инвазированность одного из наиболее ценных промысловых видов животных – лося *Alces alces* L., 1758. В качестве модельной территории выбрано научно-опытное охотхозяйство (НООХ) ВНИИОЗ, занимающее более 60 тыс. га на стыке трех административных районов области (Слободского, Зуевского, Белохолуницкого). Рассматриваемая территория находится в подзоне южной тайги, имеет густую гидрологическую сеть (0,73 км/км^2) и охватывает участок среднего течение р. Чепца с широкой поймой, притоками и системой старичных озер, благоприятных для обитания моллюсков. Уточнение видового состава и обилия пресноводных видов гастропод на данной территории проводилось в 2007, 2009, 2010 и 2015 гг. Обследованы водоемы разного типа: пруды, старицы, заводи рек, мелиоративные канавы, ручьи. Зараженность моллюсков ларвальными формами трематод определяли по стандартной методике (Котельников, 1984). Методом неполного гельминтологического вскрытия (Скрябин, 1928) в 2010 и 2015 гг. исследована 51 проба печени лося.

В циркуляции и сохранении очагов трематодных инвазий птиц и млекопитающих большое значение имеет состояние популяций промежуточных хозяев – брюхоногих моллюсков (Gastropoda): прудовиков (Lymnaea, более 20 видов), катушек (Planorbarius, Planorbis, Anisus, Segmentina), битиний (Bithynia, Opisthorchophorus) и живородок (Contectiana, Viviparus). На территории НООХ выявлено более 30 видов пресноводных гастропод, населяющих различные типы водоемов. Наибольшее обилие и разнообразие моллюсков свойственно стоячим и слабопроточным пойменным водоемам, старицам, а наименьшее – рекам и ручьям (рис. 1).

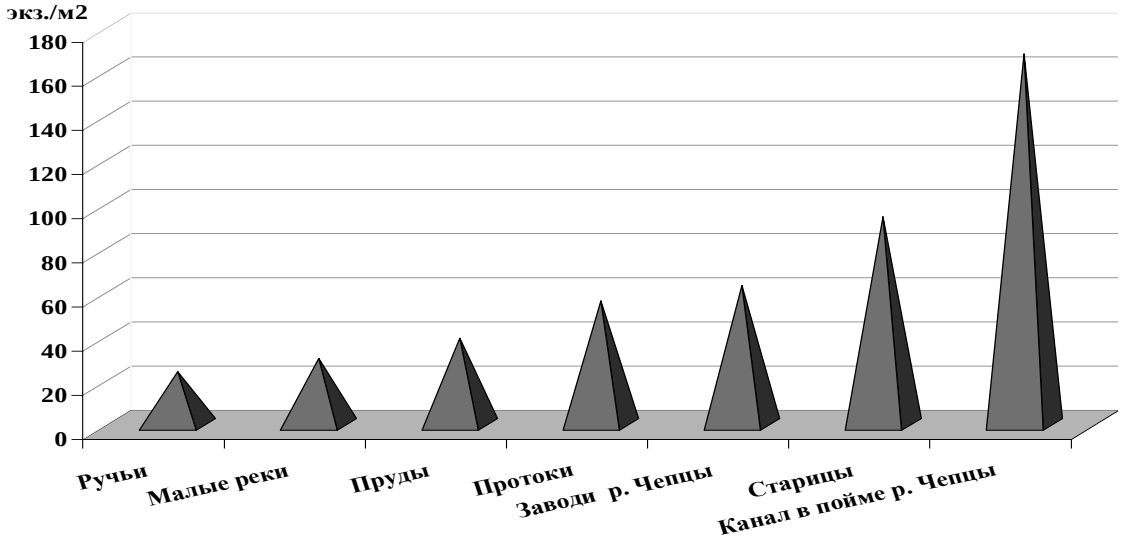


Рис. 1. Плотность гастропод в водоемах бассейна р. Чепца в 2015 г.

Обилие моллюсков на территории хозяйства создает благоприятные условия для поддержания очагов трематодных инвазий ресурсных видов животных. Повышение эвтрофности слабопроточных и стоячих водоемов способствует росту численности моллюсков и увеличению потенциальной гельминтологической опасности биотопов для диких животных.

Из обследованных в 2015 г. 11 видов гастропод (*Lymnaea stagnalis, L. fragilis, L. lagotis, L. fontinalis, L. auricularia, L. glutinosa, Planorbarius corneus, Planorbis planorbis, Anisus vortex, Viviparus viviparus, Bithynia tentaculata*) церкарии и редии трематод отмечаются у пяти видов: *Lymnaea stagnalis* (экстенсивность инвазии ЭИ 100%), *Planorbarius corneus* (ЭИ 66,7%), *L. auricularia* (ЭИ 50%), *Bithynia tentaculata* (ЭИ 53%). *Planorbis planorbis* (ЭИ 6,4%).

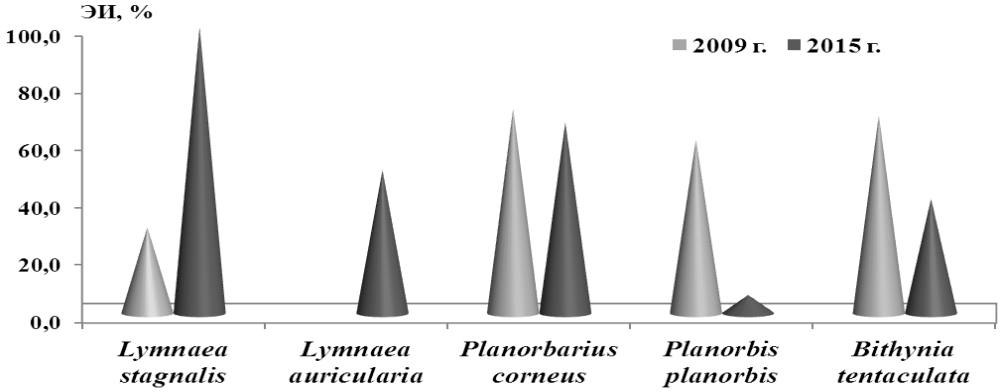


Рис. 2. Изменение экстенсивности трематодной инвазии моллюсков

Подробнее остановимся на особенностях локализации очагов трематодных инвазий лося в условиях южной тайги на примере НООХ. На территории Кировской области у лося зарегистрировано 4 вида трематод: *Parafasciolopsis fasciolaemorpha, Dicrocoelium lanceatum, Paramphistomum cervi, Liorchis scotia.*

Наиболее патогенный из них – *P. fasciolaemorpha*, остальные виды встречаются реже (Масленникова и др., 2015). На территории НООХ в печени лосей выявлено 2 вида трематод: *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* (Ejsmont, 1932) и *Dicrocoelium lanceatum* (Stiles et Hassall, 1896).

Парафасциолопсисы развиваются с участием роговой катушки *Planorbarius corneus* (L., 1758), распространение которой носит очаговый характер, приурочено к глубоководным пойменным водоемам с развитой водной растительностью. Катушка преимущественно держится в придонном заиленном слое водоема, на поверхность воды поднимается нечасто. Но после весеннего паводка долгое время может сохраняться и во временных водоемах. Плотность ее в пойменных озерах НООХ составляет 3–12 экз./м^2, а в малых реках с быстрым течением, в русле р. Чепца и в молодых прудах катушка не обнаружена. Экстенсивность трематодной инвазии роговой катушки местами в засушливые годы превышает 70%.

В теплое время года, посещая старицы и протоки в поисках корма, защиты от жары и гнуса лось заражается парафасциолопсисами. Более интенсивное заражение отмечается в засушливые годы при скоплении лося в пойме Чепца. Увеличение плотности дефинитивного хозяина также провоцирует поддержание очага парафасциолопсозной инвазии. В последние годы в НООХ благодаря проведению организационно-технологических мероприятий по регулированию охоты наблюдается рост численности лося и увеличение его инвазированности данной трематодой (Масленникова и др. 2015; Шихова, Масленникова, 2007) (рис. 3).

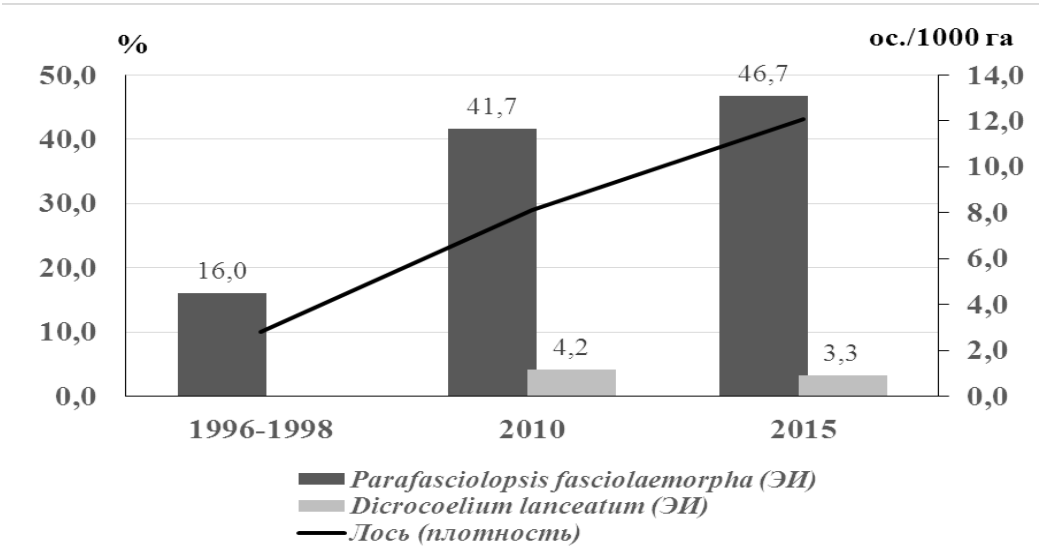


Рис. 3. Изменение зараженности лосей трематодами на территории НООХ

Большое количество водоемов с богатой растительностью и достаточно высокая плотность лосей в условиях лесной зоны способствуют циркуляции парафасциолопсозной инвазии (Кошеваров, 2011), а в хозяйствах интенсивного типа, к которым относится НООХ, численность лося может достигать «критического уровня», что увеличивает вероятность сохранения парафасциолопсозных очагов.

После ряда засушливых лет наблюдается увеличение зараженности лосей парафасциолопсозом, зараженность роговой катушки при этом также остается на высоком уровне (ЭИ 66-71%), но плотность промежуточного хозяина в характерных для него водоемах уменьшилась. Возможно, из-за погодных особенностей 2015 г. (летне-осенний паводок) в некоторых пойменных водоемах р. Чепца *Planorbarius corneus* не выявлена.

Потенциально опасные угодья с наличием временных и постоянных парафасциолопсозных очагов (пойменные озера, протоки, ивняки и пойменные ельники) составляют 2,9% площади охотугодий хозяйства. Поэтому необходимо регулярно отслеживать ситуацию по трематодозам в потенциально опасных угодьях целью принятия необходимых мер для борьбы с инвазиями наиболее ценных промысловых видов животных

Литература

Кошеваров Н. И. Эколого-эпизоотологические особенности трематодозов животных в Нечерноземье РФ и влияние антигельминтиков в системе «паразит-хозяин»: Автореф. дис. … д-ра вет. наук. М., 2011. 50 с.

Котельников Г. А. Гельминтологические исследования животных и окружающей среды. М., 1984. 284 с.

Масленникова О. В. Шихова Т. Г. Парафасциолопсоз и дикроцелиоз лосей Кировской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: Матер. докл. науч. конф. (г. Москва 18–20 мая). М., 2010. Вып. 11. С. 278–281.

Масленникова О. В., Шихова Т. Г., Панова С. В. Зараженность трематодами лосей Вятско-Камского междуречья // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природных и техногенным факторам: Материалы Всерос. науч. конф. (22–25 апреля 2015 г. г. Киров). Киров, 2015. С. 241–243.

Рыковский А. С. Опыт гельминтологической оценки и районирования больших территорий (на примере Белорусской ССР) // Тр. ГЕЛАН СССР. 1980. Т. 30. С. 82–93.

Скрябин К. И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М.: МГУ, 1928. 45 с.

Шихова Т. Г., Масленникова О. В. Гельминтологический статус лесных угодий научно-опытного хозяйства ВНИИОЗ // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: Материалы Междунар. науч.-прак. конф., посвящ. 85-летию ВНИИОЗ (22–25 мая 2007 г.). Киров: ВНИИОЗ, 2007. С. 486–487.

РЕГЕНЕРАЦИЯ КОНЕЧНОСТЕЙ АМФИБИЙ IN VIVO И IN VITRO ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БИОРЕГУЛЯТОРОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ СЫВОРОТКИ КРОВИ И КОСТИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

М. С. Краснов [1], Е. Ю. Рыбакова [2], Д. Агильон [2], В. П. Ямскова [2], И. А. Ямсков [1]

[1] Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН,
[2] Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН,
embrmsk@mail.ru, yamskova-vp@yandex.ru

Из сыворотки крови и ткани кости млекопитающих были выделены проявляющие активность в сверхмалых дозах (СМД) биорегуляторы, которые по совокупности физико-химических свойств и биологическому действию можно

выделить в отдельную группу (Ямскова и др., 2012). Представляло интерес сравнить действие исследуемых биорегуляторов на регенерацию конечностей (хвоста и лапы) амфибий (*Pl. Waltl* и *Xenopus laevis*), как в условиях *in vivo*, так и при культивировании регенератов конечностей в условиях роллерного культивирования в течение 14 суток. Было показано, что данные биорегуляторы в разных концентрациях обладают разным регенерационным потенциалом. Ранее было показано, что МГТБ, выделенный из сыворотки крови, в концентрации, соответствующей 10^{-4} мг белка/мл, оказывал морфогенетическое действие на ткани регенерата хвоста тритонов in vitro, которое выражалось в том, что состояние культивируемых регенератов хвостов тритонов приближалось к состоянию интактного регенерата, т. е. структура хряща полностью сохранялась, наблюдали сегментацию хряща, характерную для данной стадии, отсутствовала гибель хондроцитов, элементы спинного мозга и мышечные волокна хорошо были выражены, зрелые железы вырабатывали много секрета, в кориуме присутствовало много малодифференцированных клеток, пигментные клетки образовывали небольшие скопления (Рыбакова и др., 2014). В СМД (10^{-11} мг/мл) сохранялся протекторный эффект сывороточного МГТБ на все ткани регенерата хвостов тритонов, однако он был менее выражен, чем в высокой дозе. МГТБ, выделенный из костной ткани, в СМД (10^{-14} мг/мл) способствовал поддержанию жизнеспособности клеток хрящевой ткани и сохранению её гистоструктуры, т.е. проявлял тканеспецифическое протекторное действие. Однако в высоких концентрациях (10^{-8} мг/мл) он не обладал такой активностью (Рыбакова и др., 2014). Кроме того, было показано, что МГТБ, выделенный из сыворотки крови, способствовал в высокой концентрации образованию регенератов с пальцами, после ампутации передней конечности у *Xenopus laevis* (Тучкова и др., 1992).

В настоящем исследовании было продолжено изучение влияния МГТБ, выделенных из сыворотки крови и костной ткани млекопитающих, на регенерацию конечностей амфибий. Во-первых, было продолжено исследование на культурах конечностей хвостатых амфибий in vitro: в данном случае исследовали влияние указанных биорегуляторов на состояние регенератов передних лап *Pleurodeles waltl* на стадии 3-х пальцев в условиях роллерного культивирования. Во-вторых, изучали регенерацию задней конечности лягушек *Xenopus laevis* на стадии 64 (конец метаморфоза), при ее ампутации на двух уровнях: дистальном и проксимальном. Следует отметить, что бесхвостые амфибии сохраняют способность к полной регенерации конечностей только на ранних стадиях развития (до метаморфоза), а на более поздних стадиях, если и регенерирует конечность, то только в виде морфологически и функционально не развитой спикулы (Stocum, 1995).

Было установлено, что способность к регенерации задней конечности метаморфизирующих *Xenopus laevis* зависит от уровня ампутации по проксимодистальной оси. Стимулирующее регенерацию действие обоих исследуемых биорегуляторов снижалось при увеличении регенерационной способности амфибий. Биорегулятор, выделенный из сыворотки крови, в высокой концентрации 10^{-1}мг/мл обладал выраженным морфогенетическим действием на регене-

рацию *in vivo* конечности *Xenopus laevis* при ампутации ее в проксимальной области, а также протекторным действием на состояние тканей регенерирующей конечности тритона *Pl. waltl* при условии ее роллерного культивирования *in vitro*. Биорегулятор, выделенный из костной ткани, в концентрации 10^{-12} мг/мл обладал выраженным протекторным эффектом на состояние тканей регенерирующей конечности тритона *Pl. waltl* при условии ее роллерного культивирования *in vitro* (особенно на поддержание жизнеспособности и структуры хрящевой ткани).

Таким образом, в настоящем исследовании было установлено, что в условиях *in vivo* и *in vitro* биорегулятор, выделенный из костной ткани обладает наиболее выраженным регенерационным потенциалом в СМД, а биорегулятор, выделенный из сыворотки крови, напротив – в более высоких концентрациях, отвечающих механизму лигандо-рецепторных взаимодействий.

Литература

Рыбакова Е. Ю., Краснов М. С., Ильина А. П., Ямскова В. П., Ямсков И. А. Влияние биорегуляторов, выделенных из сыворотки крови и костной ткани млекопитающих, на состояние регенератов хвостов тритонов при роллерном органотипическом культивировании in vitro // Фундаментальные исследования. 2014. № 5. Ч. 2. С. 283–289.

Тучкова С. Я., Ямскова В. П., Резникова М. М. Действие 6Д – полипептида из сыворотки крови млекопитающих на регенерацию передней конечности у шпорцевых лягушек // Онтогенез. 1992. Т. 23. № 3. С. 319–320.

Ямскова В. П., Краснов М. С., Ямсков И. А. Новые экспериментальные и теоретические аспекты в биорегуляции. Механизм действия мембранотропных гомеостатических тканеспецифических биорегуляторов. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing. 2012. P. 136.

Stocum D. L. Regenerative Biology and medicine. Academic Press. 2006.

ВКЛАД РАДИАЦИОННОГО И ХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ИЗМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ *RANA ARVALIS*, ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ РАДИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА (РОССИЯ, РЕСПУБЛИКА КОМИ, УХТИНСКИЙ РАЙОН)

Е. А. Юшкова, И. С. Боднарь, Д. М. Шадрин, Я. И. Пылина, И. Ф. Чадин, В. Г. Зайнуллин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

ushkova@ib.komisc.ru

Состояние окружающей природной среды является важнейшим фактором, определяющим жизнедеятельность человека и общества. Высокие концентрации естественных радионуклидов и тяжелых металлов, обусловленные загрязнением отходами добычи и переработки радиоактивных руд, обнаружены в настоящее время в разных регионах земного шара. Воздействуя на клетки организмов, радионуклиды и тяжелые металлы приводят к нарушениям их генетического материала (Michailova et al., 2012; Dallinger, Hockner, 2013). Амфибии,

как один из самых многочисленных групп позвоночных животных, зачастую рассматривают как виды-индикаторы радиоактивного и химического загрязнения водных объектов (Bondarkov et al., 2002; Matson et al., 2006).

Цель представленного исследования заключалась в оценке цитогенетических реакций, а также степени генетического полиморфизма и дифференциации бесхвостых амфибий (*Rana arvalis* Nills.) на действие радиоактивного и химического загрязнения среды (Россия, Республика Коми, Ухтинский район, пос. Водный).

Материалы и методы. Отбор биологического материала проводили в водоемах, расположенных в окрестностях пос. Водный (Россия, Республика Коми, Ухтинский район). Водоем, находящийся на территории складирования отходов радиевого производства (координаты 63º30′00 с.ш. 53º25′26.3 в.д.), граничит с бассейном р. Ухты и её притоками (рр. Ярега и Чуть). Водоем контрольного участка расположен в той же климатической зоне (координаты 63º30′27.9 с.ш. 53º25′41.5 в.д.). Анализ содержания тяжелых металлов (Hg, Pb, As, Cd, Zn, Ni, Cr, Cu, Co, Mn, Ba, Sr, Fe) в воде и донных осадках был проведен в лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Аттестат аккредитации РОСС RU.0001.511257 от 16.04.2009). Радиохимическая оценка содержания радионуклидов (^{226}Ra, ^{228}Th, ^{230}Th и ^{232}Th) выполнена в лаборатории радиационного контроля (Аттестат аккредитации № САРК RU.0001.441623) этого же Института. Для характеристики загрязнения исследуемых водоемов токсическими элементами рассчитывали индексы загрязнения воды (*КИЗ*) и донных отложений (Z_c).

Материалом исследований служили головастики *R. arvalis*, отобранные из водоемов с нормальным и повышенным уровнями содержания радионуклидов и тяжелых металлов (ТМ). Реакцию животных на действие радиоактивного и химического загрязнения среды оценивали методами цитогенетического («ДНК-комет») и молекулярно-генетического (AFLP) анализа. Оценку взвешенной поглощенной дозы, учитывающей уровень радиоактивного воздействия на организм, для амфибий проводили по программе ERICA Tool (Brown et al., 2008).

Обработку данных цитогенетического анализа проводили в программе STATISTICA (версия 7.0.61.0, StatSoft, Inc., США) с использованием ANOVA теста. Различия между группами оценивали по критерию Ньюмена-Кейлса. AFLP-данные были представлены в виде матрицы бинарных значений в статистической среде R (версия 3.2.1). Долю полиморфных локусов, общеее число аллелей (n_a), эффективное число аллелей (n_e), ожидаемую гетерозиготность (H_e), поток генов (N_m), индекс разнообразия Шеннона (I) рассчитывали в POPGENE. Для проверки того, насколько генетические данные разделены между двумя участками (контрольным и загрязненным), мы сделали “locus-by-locus” анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) в программе Arlequin 3.0 (Excoffier et al. 2005), который предполагает, что локусы не связаны и правильно установлен размер выборки для каждого локуса. Определение количества популяций K и вероятность того, что исследуемые особи принадлежат этим популяциям, было проведено в программе STRUCTURE. Оптимальное значение K выбрано методом, описанного K. Evanno с соавторами, на основании вероятности установ-

ленных данных числа кластеров для различных значений *K* (Evanno et al., 2005). Оценка наиболее вероятного значения *K* была выполнена в программе кластеризации генотипов CLUMPAK (Kopelman et al., 2015).

Результаты и обсуждение. Радиационная и химическая характеристика водоемов показала, что мощность внешнего гамма-излучения на радиевом участке составила 0.5 мкЗв/ч, что примерно в 6-8 раз превышает таковую на территории контрольного участка (0.06-0.09 мкЗв/ч). Результаты радиохимического анализа показали, что в пробах воды и донных отложениях из загрязненного водоема зарегистрировано повышенное содержание ^{226}Ra. Удельная активность ^{226}Ra в пробах воды из водоема хранилища радиоактивных отходов составила 100.0 ± 15.0 мБк/л, что в 2 раза превышает таковую на контрольном участке (57.0 ± 8.5 мБк/л). В донных отложениях удельная активность ^{226}Ra в 10 раз выше и составляет 0.4-0.9 кБк/кг при контроле 0.04-0.09 кБк/кг. Оценка удельной активности урана и изотопов тория (^{228}Th, ^{230}Th и ^{232}Th) не выявила значимого их повышения в пробах воды и донных отложениях.

В ходе анализа содержания в пробах ТМ были зафиксированы повышенные уровни концентраций кадмия, марганца (только в донных отложениях), бария, мышьяка, стронция (в воде и донных отложениях) в водоеме, находящемся на территории хранилища радиоактивных отходов. Наибольшее содержание токсических элементов зарегистрировано в воде и донных отложениях водоема, расположенного на радиевом участке, у которого показатели загрязнения составили 1.6 (*КИЗ*) и 72.02 ± 14.1 (Z_c). Для контрольного участка эти величины были равны 0.2 (*КИЗ*) и 5.01 ± 1.19 (Z_c). На основании рассчитанных коэффициентов исследуемые водоемы можно отнести к следующим категориям: водоем контрольного участка – к «допустимой» категории, поскольку концентрации отдельных металлов превышают допустимые их значения, и водоем хранилища радиоактивных отходов – к «умеренно опасной» (по *КИЗ*) и «опасной» (по Z_c) категории загрязнения. Мощность взвешенной поглощенной дозы составила в среднем 1.12 мГр/ч для амфибий из радиоактивно-загрязненного водоема и 0.64 мГр/ч для животных из контрольного водоема.

Результаты цитогенетического исследования (методом «ДНК-комет» в нейтральной и щелочной версиях) показали превышение частоты однонитевых разрывов ДНК и щелочелабильных сайтов в клетках крови амфибий из территории хранилища радиоактивных отходов. Оценка уровня двунитевых ДНК-разрывов не выявила достоверно значимых отличий между популяциями из контрольного и радиоактивного участков.

Для количественной оценки степени молекулярно-генетического полиморфизма ДНК и популяционно-генетической структуры *R. arvalis* проводили ПЦР-анализ с использованием доминантных AFLP-маркеров с комбинацией праймеров: *Eco*RI-AAG/*Mse*I-CAA и *Eco*RI-AGG/*Mse*I-CAT. Доля полиморфных локусов в общей выборке составила в среднем 93.56 %. В популяциях данный показатель варьировал от 91.81% (у амфибий из контрольного участка) до 95.32 % (у амфибий из территории хранилища радиоактивных отходов). Ожидаемая гетерозиготность по локусам (H_e) для общей выборки *R. arvalis* равна 0.3808. Для исследуемых популяций значения этого показателя практически были не-

отличимы и составили 0.3503 (для животных из контрольного участка) и 0.3794 (для животных из опытного участка). Абсолютное число аллелей на локус (в нашем случае на фрагмент ДНК) на общую выборку (n_a) составило 1.9942, а эффективное число аллелей на локус (n_e) – 1.6772. Генетическая структура изученных популяций амфибий характеризуется тем, что ожидаемая доля гетерозиготных генотипов в общей популяции (H_t = 0.3793 ± 0.0172) не отличается от таковой в субпопуляциях (H_s = 0.3648 ± 0.0176). Коэффициент подразделенности популяций (G_{st}) указывает на межпопуляционную компоненту генетической вариабельности *R. arvalis*, на которую приходится 3.81 % разнообразия. Данный показатель показывает, что популяции из исследуемых территорий мало дифференцированы. Среднее значение индексов разнообразия Шеннона (I) в изученных популяциях *R. arvalis* составило 0.5329, что приблизительно соответствует таковому для общей популяции остромордой лягушки (0.5583). На долю внутрипопуляционного генетического разнообразия *R. arvalis* приходится 93.56 %, а на долю межпопуляционного – 6.44 %. Итак, оба подхода к определению генетического разнообразия, то есть определение показателя подразделенности популяций (G_{st}) и коэффициента разнообразия Шеннона (I) дали близкие результаты.

На основании метода K. Evanno (Evanno et al., 2005) было определено наиболее вероятное число генетических кластеров, равное 2. Это свидетельствует о том, что по данным AFLP анализа из всех исследуемых ДНК-образцов выделены две группы, отличающиеся генетической своеобразностью. Несмотря на это, значения генетических параметров сходства и дистанции демонстрируют, что исследуемые субпопуляции остромордой лягушки находятся на маленьком генетическом расстоянии (0.0156) друг от друга и характеризуются высокой степенью родства (0.9846). Это свидетельствует о значительном сходстве их генетической структуры и может быть результатом существования потока генов между популяциями. Определение числа мигрантов на поколение (N_m) показывает, что межпопуляционный обмен действительно существует и значение N_m между изученными популяциями амфибий составляет 12.6. Данные AMOVA (1000 перестановок) позволили установить степень удаленности друг от друга загрязненного и «контрольного» водоема. Независимо от того, что мы анализировали каждую группу для каждого местообитания по-отдельности, генетическая изолированность образцов не была значительной.

Таким образом, на основании молекулярно-генетической оценки полиморфизма длин амплифицированных фрагментов установлена слабая дифференциация популяций амфибий из исследуемых территорий. При этом исследуемые выборки ДНК-образцов амфибий характеризуются выраженной генетической своеобразностью. На основании этого можно предположить, что наблюдаемые цитогенетические эффекты (повышенная частота однонитевых разрывов ДНК и щелочелабильных сайтов) в популяции остромордой лягушки обусловлены не межпопуляционными особенностями анализируемых особей, а действием токсичных радиоактивных и химических элементов, способных влиять на гетерогенность и генетический статус животных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН, проект № 0414-2015-0024.

Литература

Bondarkov M. D., Gaschak S. P., Goryanaya Ju A., Maximenko A. M., Shulga A. A., Chizhevsky I. V., Oleksyk T. Radioactive contamination of amphibian in the Chornobyl zone / Eds. V. Glygalo, A. Nosovsky // Collection of scientific articles – scientific and technical aspects of international cooperation in Chornobyl. 2002. Vol. 4. Politechnika, Kyiv, P. 508–517.

Brown J. E., Alfonso B., Avila R., Beresford N. A., Copplestone D., Pro¨hl G., Ulanovsky A. The ERICA Tool // J. Environ. Radioactivity. 2008. V. 99. P. 1371–1383.

Dallinger R., Hockner M. Evolutionary concepts in ecotoxicology: Tracing the genetic background of differential cadmium sensitivities in invertebrate lineages // Ecotoxicology. 2013. V. 22. N 5. P. 767–778.

Evanno G., Regnaut S., Goudet J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study // Molecular Ecology. 2005. V. 14. P. 2611–2620.

Kopelman N. M., Mayzel J., Jakobsson M., Rosenberg N. A., Mayrose I. CLUMPAK: a program for identifying clustering modes and packaging population structure inferences across K // Molecular Ecology Resources. 2015. V. 2. (http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1755-0998.12387/pdf).

Matson C. W., Lambert M. M., McDonals T. J., Autenrieth R. L., Donnelly K. C., Islamzadeh A., PolitovD. I., Bickham J.W. Evolutionary toxicology and population genetic effects of chronic contaminant exposure on marsh frogs (*Rana ridibunda*) in Sumgayit, Azerbaijan // Environ. Health Perspect. 2006. V. 114. P. 547–552.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДНК В ТИРОЦИТАХ МЫШЕЙ ПОСЛЕ ХРОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ γ-ИЗЛУЧЕНИЯ

О. В. Раскоша, О. В. Ермакова, Н. Н. Старобор
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
raskosha@ib.komisc.ru

Метод ДНК-комет (cometassay), позволяющий выявлять различные повреждения ДНК индивидуальных клеток, все активнее используется как в лабораторных, так и в экологических, токсикологических и биомониторинговых исследованиях. Есть мнение, что по чувствительности этот метод сопоставим с традиционными цитогенетическими тестами, а в случаях, когда низкие дозы сочетаются с большой длительностью воздействия фактора, может даже превосходит их (Сорочинская, Михайленко, 2008). Суть метода заключается в том, что иммобилизированные в низкоплавкую агарозу клетки лизируют в щелочных или нейтральных условиях и подвергают электрофорезу. Клетки, содержащие разрывы ДНК, проявляются в виде «кометы» с хвостом из фрагментов ДНК, отходящих от основного ядра.

По данным базы Scopus (ключевые слова «cometassay») с 2000 по 2015 гг. опубликовано 10664 работы, причем количество публикаций, с применением этого метода, с каждым годом все увеличивается. Общее количество публикаций российских исследователей составляет чуть более 100 работ. Наиболее часто в статьях приводятся данные по % ДНК в хвосте кометы (% ТДНК) и «Olivetailmoment» (произведение % ТДНК на расстояние между центром головы «кометы» и центром тяжести хвоста «кометы»). В данной работе при проведении исследований повреждения генома щитовидной железы (ЩЖ) были использовали оба эти показателя. Цель работы – с помощью метода ДНК комет

изучить влияние хронического г-излучения на индукцию повреждений ДНК в тироцитах мышей линии Af.

Эксперименты с моделированием ситуации хронического г-излучения были проведены наполовозрелых мышах линии Afна г-установке от двух источников ^{226}Ra разнесенных на расстояние 2,5 м и содержащих 0,474x10^{6} и 0,451x10^{6}кБк^{226}Ra в течение 29, 56 и 84 суток (мощности экспозиционной дозы 150 мкГр/ч), суммарные поглощенные дозы составили 10, 20 и 30 сГр (опытные группы животных). Опытных животных декапировали через четыре месяца после облучения. Извлеченные из тушки органы ЩЖ помещали в 0,25% раствор коллагеназы (тип IA, «Sigma»,США) и далее для изучения повреждений ДНК использовали нейтральную версию pH метода ДНК-комет, которая ориентирована на анализ двунитевых разрывов ДНК (ДР ДНК) (Сирота, Кузнецова, 2010). На каждую экспериментальную точку брали не менее 6–8 животных и фотографировали по 50 «комет» на одно животное. Изображения ДНК-комет (рис. 1) получали путем окрашивания препаратов акридиновым оранжевым с использованием флуоресцентного микроскопа «AxioScopA1» (CarlZeiss, Germany) и видеосистемы на основе цифровой камеры AxioCam. Обработку микрофотографий выполняли с помощью программного обеспечения «CometScore 1,5» («TriTekCorp», США)». Уровень повреждений ДНК в ЩЖ оценивали по параметру «момент хвоста» ДНК-кометы по П. Л. Оливе (Olive-tailmoment) (Воробьева и др., 2007) и %ДНК в хвосте кометы (% ТДНК). При анализе данные, представленных на гистограммах распределения % ТДНК, придерживались следующей классификации: неповрежденные клетки – 0–10%, малоповрежденные клетки – 20–40%, высоко поврежденные клетки – от 40%. Для получения потомства первого поколения (F_1) облученных самцов спаривали с облученными самками во всех опытных группах. Для животных, подвергнутых воздействию ионизирующей радиации в дозе 30 сГр, наряду с F_1 также было получено потомство второго, третьего и четвертого поколений (F_2, F_3 и F_4). Контрольные пары животных формировались одновременно с опытными парами. Оценку достоверности отклонений полученных результатов от контрольного уровня проводили с помощью критериев Стьюдентаи U-критерия Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

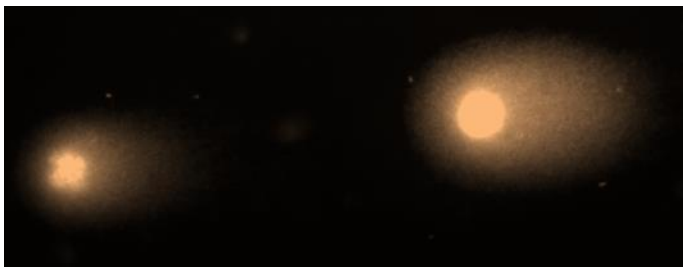


Рис. 1. Микрофотография нуклеотидов с хвостами из фрагментов ДНК – ДНК-кометы

Результаты проведенного эксперимента, которые оценивали с помощью показателя «Olivetailmoment» позволили выявить статистически значимые различия с контролем по уровню повреждений ДНК в ЩЖ после хронического

облучения животных в дозе 30 сГр, проявляющиеся в понижении числа ДР ДНК (рис. 2). В опытных группах животных после радиационного воздействия в дозе 10 и 20 сГр доля фрагментации ДНК в тироцитах была в пределах нормы. Между потомками (F_1), полученными от опытных животных, которые были облучены в разных дозах и контролем значимых различий по числу клеток с ДР ДНК, рассчитанных с применением интегрального показателя, не выявлено. При анализе данных, полученных на потомках животных, облученных в дозе 30 сГр, статистически значимые различия с контролем по этому параметру были обнаружены у мышей второго поколения (уменьшение на 3,5 усл.ед.), при этом следует отметить тенденцию к снижению тироцитов с ДР ДНК у животных третьего и четвертого поколений.

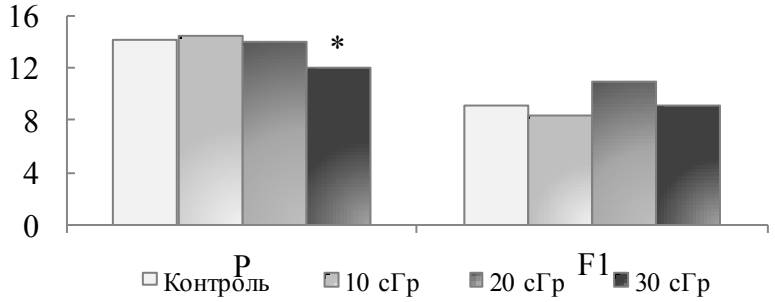


Рис. 2. Интегральный показатель «Olivetailmoment» (*в усл. ед.*) для ДНК-комет в ЩЖ мышей линии Af после хронического воздействия г-излучения в разных дозах

Изучение распределения % ДНК в хвосте кометы (% ТДНК)в зависимости от частоты встречаемости позволило выявить в ЩЖ животных, облученных в дозе 30 сГр статистически значимое по сравнению с контрольными показателями повышение на 12,3% количества тироцитов с малоповрежденной ДНК (в диапазоне 11–30% ТДНК) (рис. 3). Малые дозы облучения могли явиться адаптирующим фактором и вызвать снижение индукции разрывов нитей ДНК в клетках ЩЖ по сравнению с нормой. В ЩЖ животных, облученных в дозе 20 сГр, содержание ДНК, расположенное ближе к «голове» кометы, также было статистически значимо выше контроля, как и при 30 сГр, при этом, следует отметить при 20 сГр смещение диапазона от 21 до 40% ТДНК. Соответственно, доля клеток с высокоповрежденной ДНК (более 40%) в ЩЖ животных этих опытных групп была ниже нормы (на 12 и 16%–30 и 20 сГр). Данные, полученные на мышах после радиационного воздействия в дозе 10 сГр, соответствовали значениям контрольной группы. Анализ % ТДНК в ЩЖ потомков, полученных при скрещивании мышей облученных в дозе 30 сГр, показал идентичность в частоте распределения ДНК в хвосте кометы у потомков опытных и контрольных групп животных в первом и четвертом поколениях (рис. 4). У потомков второго и третьего поколений, полученных от облученных животных, отмечали статистически значимое повышение доли неповрежденной ДНК (диапазон 0–10%ТДНК) в среднем на 14% по сравнению с потомками животных контрольной группы (рис. 4).

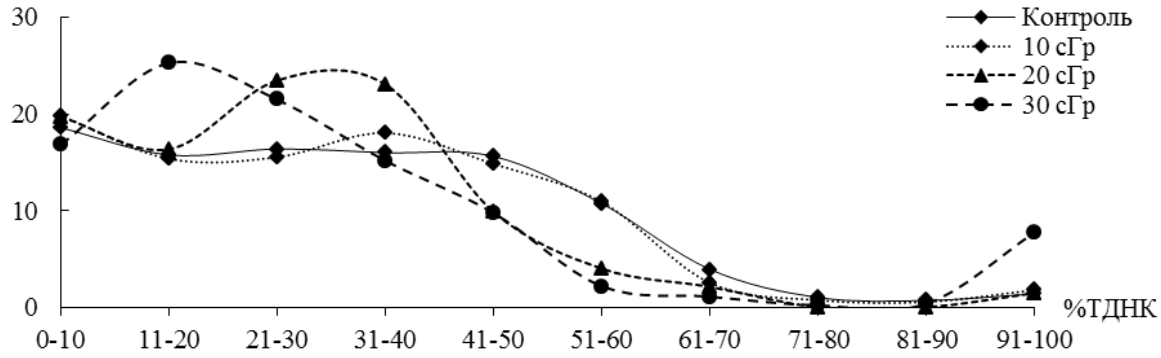


Рис. 3. Гистограмма распределения ДНК в хвосте «кометы» (% ТДНК) в ЩЖ мышей линии Af после хронического воздействия г-излучения в разных дозах

Здесь и на рис. 4. по оси абсцисс – %ТДНК, по оси ординат – частота встречаемости, %.

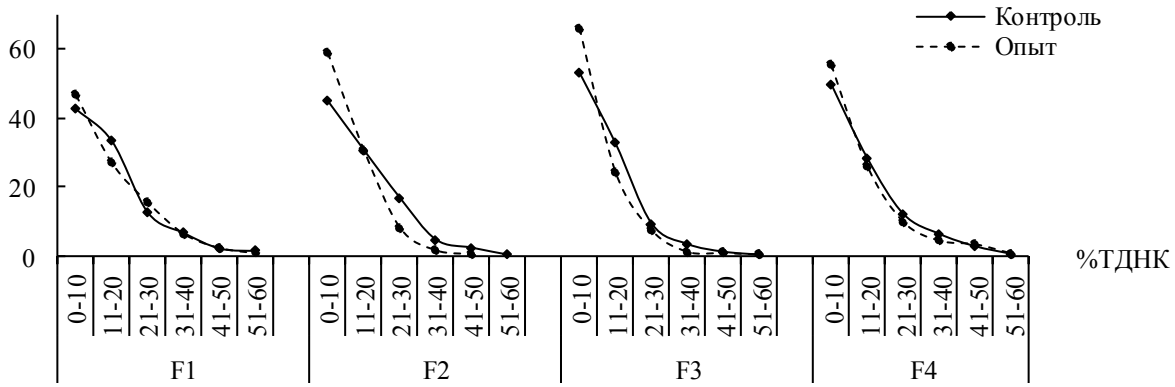


Рис. 4. Гистограмма распределения ДНК в хвосте «кометы» (% ТДНК) в ЩЖ потомков мышей линии Af после хронического воздействия г-излучения в дозе 30 сГр

Выводы:

– хроническое воздействие г-излучения в малых дозах (20 и 30 сГр) приводило к изменению фрагментации ДНК в тироцитах половозрелых мышей линии Af;

– в ЩЖ потомков F_1 и F_4, полученных от облученных животных(30 сГр) не обнаружено статистически значимых отличий в количестве ДР ДНК по сравнению с данными потомков контрольной группы, у потомков F_2 и F_3 отмечали повышение относительно нормы доли клеток с неповрежденной ДНК;

– метод ДНК-комет является информативным для изучения нарушений в геноме ЩЖ, а используемые нами в данном исследовании показатели – % ТДНК и интегральный показатель «Olivetailmoment» могут с успехом применяться как самостоятельно, так и совместно для выявления особенностей фрагментации ДНК в соматических клетках.

Работа поддержана грантом РФФИ № 13-04-01750а.

Литература

Воробьева Н. Ю., Осипов А. Н., Пелевина И. И. Чувствительность лимфоцитов периферической крови летчиков и космонавтов к воздействию г-излучения; индукция двунитевых разрывов ДНК // Бюл. эксперим. биол. мед. 2007. Т. 144. № 10. С. 404–407.

Сирота Н. П., Кузнецова Е. А. Применение метода «ДНК тест» в радиобиологических исследованиях // Радиац. биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 3. С. 329–339.

Сорочинская У. Б., Михайленко В. М. Применение метода ДНК-комет для оценки повреждений ДНК, вызванных различными агентами окружающей среды // Онкология. 2008. Т. 10. № 3. С. 303–309.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ БЕЛКОВ И ЛИПИДОВ У ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ N-(ФОСФОНОМЕТИЛ)-ГЛИЦИНА

Е. Е. Зернова, О. М. Плотникова

Курганский государственный университет,

zernovalena@yandex.ru

Клетки нашего организма ежесекундно подвергаются окислению свободными радикалами. Под их воздействием наш организм чаще утомляется, становится подверженным воспалениям и инфекциям, стареет раньше времени. В связи с этим исследования устойчивости живых организмов к действию веществ, провоцирующих образование радикалов, очень актуальны.

Причин, по которым возникают свободные радикалы – множество, и все они так или иначе связаны с образом жизни человека. В настоящее время одной из наиболее острых проблем экологической биотехнологии является деструкция органических соединений фосфора – фосфонатов. Среди этих соединений наиболее широко известен во всем мире неселективный системный гербицид глифосат (N-(фосфонометил)-глицин), использующийся для борьбы с сорняками, в том числе многолетними. В настоящее время глифосат занимает первое место в мире по объёмам производства среди гербицидов. Первоначальное убеждение о безвредности глифосата для теплокровных организмов стали подвергать сомнению после длительного (в течение 30-40 лет) его применения. В некоторых исследованиях было показано, что использование глифосата для обработки полей приводит к его появлению в растительной продукции, вызывая в дальнейшем негативное влияние на теплокровные организмы (Casperson, Bourne, 1987; Paganelli, et al., 2010).

Цель данного исследования – определение содержания продуктов перекисного окисления липидов и белков в крови лабораторных мышей после введения растворов глифосата различной концентрации.

Растворы глифосата в различных концентрациях от 10^{-3} до 10^{-17} моль/л вводили белым лабораторным мышам, которые содержались в стандартных условиях вивария. По окончанию эксперимента у мышей производили забор крови, которую центрифугировали, и далее в плазме определяли содержание малонового диальдегида (МДА) и альдегидо- и кето- 2,4-динитрофенилгидразонов (АФГ и КФГ соответственно).

МДА, образующийся при окислении остатков непредельных жирных кислот, является продуктом перекисного окисления липидов. Суть определения малонового диальдегида основана на реакции с тиобарбитуровой кислотой, которая при высокой температуре и низком значении pH протекает с образованием окрашенного триметинового комплекса, содержащего одну молекулу МДА и две молекулы тиобарбитуровой кислоты. Оптическую плотность определяли на спектрофотометре «Specol 1300» при λ=532.

АФГ и КФГ, образующиеся при взаимодействии продуктов перекисного окисления белков (ПОБ) со смесью трихлоруксусной кислоты (ТХУ) и 2,4-динитрофенилгидразина (ДНФГ), определяли в белковом осадке, который предварительно растворяли в растворе мочевины, при 270 нм (альдегидо-2,4-динитрофенилгидразоны, АФГ или ПОБ 270нм), 363 нм и 370 нм (кето-2,4-динитрофенилгидразоны, КФГ или ПОБ 363-370нм).

Изменение содержания МДА в плазме крови лабораторных мышей после введения растворов глифосата приведены на рисунке 1 в сравнении с ранее полученными данными по изучению влияния на лабораторных мышей растворов метилфосфоновой кислоты (МФК) в тех же концентрациях (Плотникова и др., 2011).

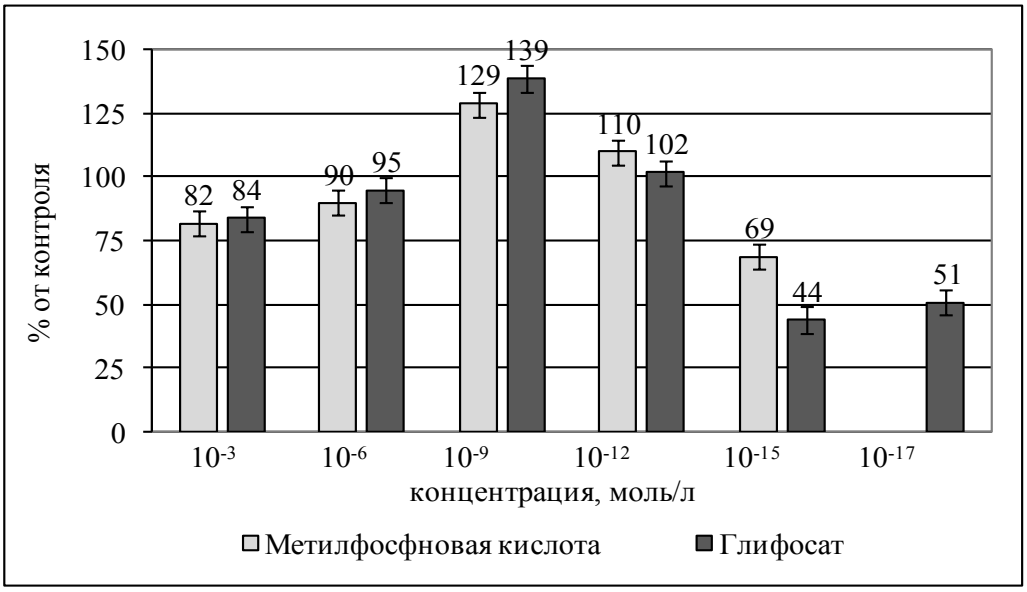


Рис. 1. Содержание малонового диальдегида (в % от контроля) в плазме крови лабораторных мышей после введения растворов глифосата или метилфосфоновой кислоты

Полученные результаты показали, что после введения растворов МФК и глифосата одинаковых концентраций содержание основного продукта перекисного окисления высших жирных кислот у лабораторных мышей изменяется относительно мышей контрольных групп аналогично.

Можно предположить, что при достаточно высоких концентрациях (10^{-3} – 10^{-6} моль/л) молекулы изучаемых веществ – метилфосфоновой кислоты и глифосата – выступают «ловушками» радикалов, уменьшая токсическое действие радикальных частиц кислорода. При более низких концентрациях – порядка 10^{-9} моль/л – количество образовавшиеся свободных радикалов увеличивается по

цепному механизму, вследствие чего возрастает и количество продуктов перекисного окисления.

Изменение содержания АФГ и КФГ в плазме крови лабораторных мышей после введения глифосата приведены на рисунке 2.

Полученные данные в проведенном исследовании показали, что под влиянием концентраций глифосата 10^{-3}–10^{-6} моль/л у мышей происходило снижение продуктов окисления белков, обнаруженных в плазме крови в виде АФГ и КФГ производных. Под влиянием меньших концентраций глифосата (10^{-15}–10^{-17} моль/л) фиксировалось увеличение содержания продуктов ПОБ. Можно предположить, что, скорее всего, глифосат способен активировать свободнорадикальные процессы в организме теплокровных животных, приводя к накоплению токсических веществ.

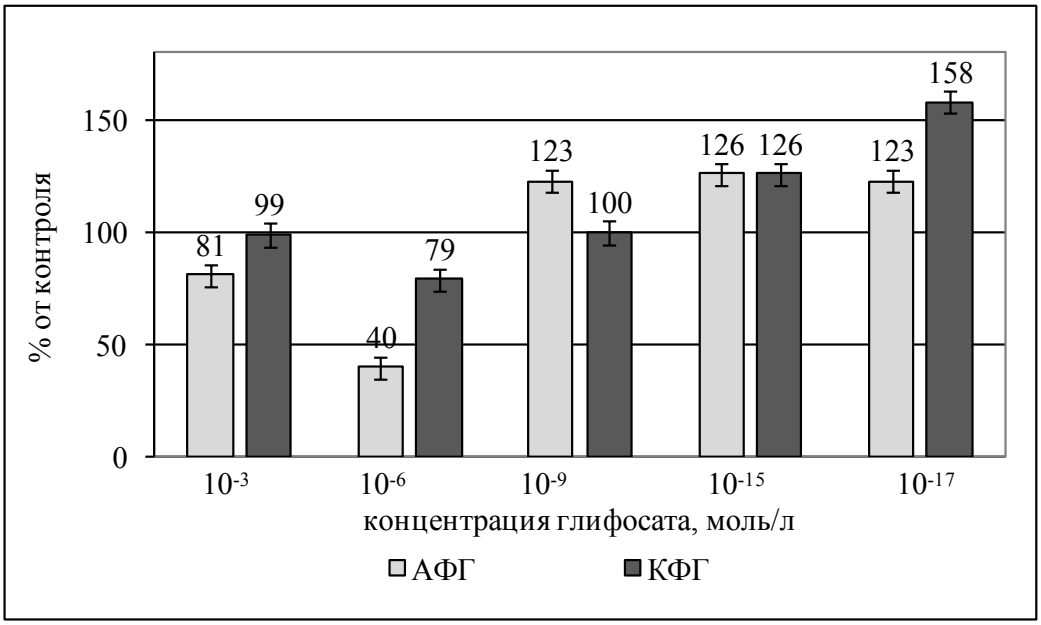


Рис. 2. Содержание альдегидо- (АФГ) и кето- (КФГ) 2,4-динитрофенилгидразонов (в % от контроля) в плазме крови лабораторных мышей после введения растворов глифосата

Таким образом, в результате исследования изучено влияние растворов глифосата в различных концентрациях на изменение содержания в крови продуктов окисления липидов и белков. Полученные данные позволили предположить, что такие фосфонаты как метилфосфоновая кислота и глифосат аналогичным образом воздействуют на гомеостаз и общее состояние теплокровных организмов, в достаточно высоких концентрациях снижая интенсивность процессов перекисного окисления и в низких концентрациях увеличивая интенсивность этих реакций для липидов и белков.

Литература

Плотникова О. М., Корепин А. М.,, Матвеев Н. Н., Лунева С. Н. Маркеры эндогенной интоксикации в крови лабораторных мышей при интоксикации различными дозами метилфосфоната // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2011. № 2. С. 346–353.

Casperson G. F., Bourne H. R. Biochemical and Molecular Genetic Analysis of Hormone-Sensitive Adenylyl Cyclase // Annual Review of Pharmacology and Toxicology. 1987. V. 27. P. 371–382.

Paganelli A., Gnazzo V., Acosta H., et al. Glyphosate-based herbicides produce terato-genic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling // Chem. Res. Toxicol., 2010. № 23 (10). P. 1586–1595.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, ПИТАНИЕ И ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ ЕВРОПЕЙСКОГО ХАРИУСА ТИМАНСКИХ ВОДОТОКОВ

Э. И. Бознак
Сыктывкарский государственный университет,
boznak06@rambler.ru

Реки центральной части Тиманского кряжа относятся числу уникальных природных богатств всего европейского Северо-Востока России. В основном это водотоки полугорного типа, изобилующие в верхних течениях мелководными перекатами. Основу рыбного населения здесь формируют такие ценные в коммерческом отношении виды как обыкновенный сиг, европейский хариус и щука, регулярно встречается атлантический лосось. В этом смысле водотоки Тимана до настоящего времени сохраняют свою роль потенциального генетического резервата лососеобразных рыб. Видом-доминантом, определяющим весь облик рыбной части сообщества большинства тиманских рек, является европейский хариус, доля которого в контрольных уловах может превышать 90% (в среднем около 70%) (Захаров, Бознак, 2011).Однако сведения о морфологических особенностях, питании и росте хариуса отдельных водотоков Тимана до сих пор до сих пор довольно разрозненны.

Нами проанализированы результаты исследования морфологических особенностей, питания и линейного роста хариуса двух тиманских водотоков: реках Вымь (бассейн р. С. Двина) и Ижма (бассейн р. Печора). В бассейне р. Ижма сбор материала проводили из русла среднего течения р. Ижма и пяти притоках, относящихся к ее бассейну: р. Кедва (левый приток первого порядка), р. Эшмес (малый приток второго порядка р. Кедва), р. Ыджыд-Леса (левый приток первого порядка), р. Ыджыд-Изман (малый правый приток первого порядка) и р. Никита-Сотчемью (приток р. Сэбысь – правого притока первого порядка р. Ижма). Из р. Вымь хариуса отлавливали в русле верхнего течения. Уизучение меристических признаков у отловленных рыб выполнено по общепринятой методике. Линейный рост охарактеризован по результатам обратных расчислений по формуле прямой пропорциональности (Правдин, 1966). У исследованных рыб определен качественный состав пищи и частота встречаемости отдельных ее компонентов.

По меристическим признакам хариус исследованных водотоков близок к номинативной форме этого вида рыб (Атлас.., 2002). Четкой закономерности в измененииимеристических признаков не обнаружено. Можно отметить лишь небольшое увеличение числа чешуй в боковой линии у хариуса из рек Вымь, Ижма и Кедва; несколько большим числом позвонков обладают особи из рек Ни-

кита Сотчемью и Эшмес, а рыбы из рек Ижма и Ыджыд-Изман характеризуются наибольшим числом жаберных тычинок (табл. 1).

Сравнение исследованных выборок хариуса по всему комплексу морфологических признаков с использованием показателя морфологической дивергенции D^2 (Андреев, Решетников, 1977) позволило отобразить результату этого сравнения в плоскости первых двух главных координат (рис.).

Таблица 1

Меристические признаки европейского хариуса исследованных водотоков

Бассейн	р. Ижма						р. Вымь
участок (водоток)	русло среднего течения	р. Кедва	р. Эшмес	р. Ыджыд-Леса	р. Ыджыд-Изман	р. Никита-Сотчемью	русло верхнего течения
объем выборки	n=32	n=30	n=30	n=32	n=30	n=32	n=30
Чешуй в ll	85,5±0,64	85,6±0,52	84,6±0,58	84,6±0,69	84,6±0,55	85,0±0,60	87,0±0,58
Позвонков	59,2±0,16	59,2±0,15	59,9±0,17	59,4±0,15	58,9±0,24	60,3±0,14	58,6±0,14
Лучей в D	12,9±0,13	13,3±0,14	13,0±0,19	13,5±0,14	13,5±0,19	14,0±0,16	13,9±0,14
Лучей в A	9,5±0,13	9,6±0,10	9,4±0,13	9,6±0,10	9,4±0,10	10,0±0,18	9,7±0,09
Лучей в P	14,1±0,12	14,3±0,13	14,0±0,14	14,2±0,16	14,3±0,12	13,7±0,23	13,8±0,18
Лучей в V	9,7±0,09	9,8±0,11	9,9±0,06	9,7±0,08	9,8±0,10	9,6±0,13	9,9±0,06
Жаберных тычинок	26,7±0,26	26,0±0,33	25,4±0,30	26,2±0,26	26,7±0,26	26,0±0,23	26,6±0,21

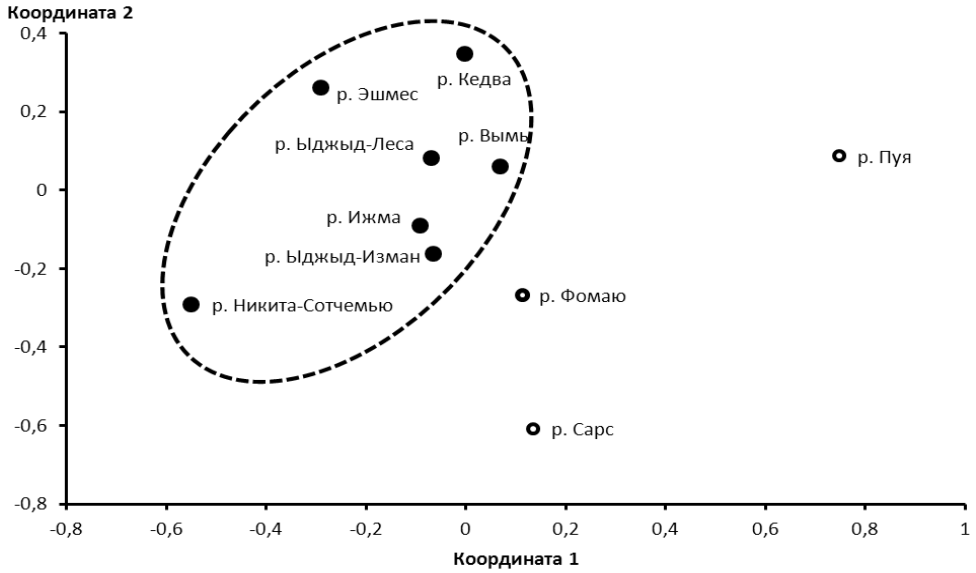


Рис. Отображение морфологического сходства группировок хариуса исследованных водотоков в плоскости главных координат (программа Past3.0 (*Hammer et al.*, 2001))

При проведении анализа и построении итоговой диаграммы в качестве «внешних» точек были использованы выборки хариуса отловленные в р. Фомаю (тундровый приток второго порядка р. Уса), р. Пуя (приток второго порядка р. С. Двина) (наши данные) и р. Сарс (бассейн р. Кама) (Зиновьев, Мандрица, 2008). На полученной диаграмме точки, соответствующие выборкам хариуса из водотоков Тимана, образуют скопление,обособленное от «внешних» точек, что свидетельствует о высокой морфологической однородности хариуса в пределах исследованного района.

Известно, что меристические признаки рыб закладываются на ранних стадиях онтогенеза и характеризуются высокой наследуемостью. При этомих модальное и среднее значение отражает наследственную норму реакции, сложившуюся в ходе адаптации рыб к конкретным условиям обитания (Кожара и др., 1996). Таким образом, высокое сходство меристических признакову хариуса, обитающего в тиманских реках, относящихся к Северодвинскому и Печорскому бассейнам (изолированных друг от друга) может объясняться длительным периодом адаптации исходно генетически разных группировок к сходным условиям обитания.

Питание хариуса исследованных водотоков достаточно разнообразно (табл. 2). В большинстве водоемов в составе пищевого комкарыб по встречаемости преобладают наземно-воздушные насекомые и личинки ручейников, регулярно встречаются моллюски, личинки хирономид,поденок, веснянок и др. Кроме того в желудках крупного хариуса из рек Никита Сотчемью, Ыджыд-Изман и Ыджыд-Леса отмечена молодь рыб (гольян, налим и ерш). В питании хариуса из малых водотоков (рек Эшмес, Никита Сотчемью и Ыджыд-Изман) высока встречаемость воздушно-наземных насекомых, собираемых рыбами с поверхности воды.

Таблица 2

Встречаемость (в %) пищевых компонентов в желудках хариуса исследованных водотоков

Группа беспозвоночных	р. Ижма	р. Эшмес	р. Кедва	р. Ыджыд-Леса	р. Никита Сотчемью	р. Ыджыд-Изман	р. Вымь
поденки (личинки)	19,4	–	3,33	25,00	6,25	13,33	–
веснянки (личинки)	3,2	–	–	28,13	3,13	3,33	–
ручейники (личинки)	35,5	58,06	90,00	81,25	71,88	80,00	68,10
стрекозы (личинки)	9,7	–	3,33	–	9,38	10,00	–
хирономиды (личинки)	61,3	19,35	20,00	40,63	9,38	26,67	8,10
жуки	–	19,35	–	–	18,75	40,00	32,10
двукрылые (имаго)	58,1	22,58	10,00	3,13	37,50	56,67	–
муравьи (имаго)	9,7	22,58	–	–	46,88	66,67	–
стрекозы (имаго)	16,13	–	–	–	–	16,67	–
моллюски	–	16,13	–	53,10	–	3,33	–
ракообразные	25,81	12,90	–	–	15,63	16,67	6,80
рыба	–	–	–	3,13	9,38	3,33	–

По данным обратных расчислений рост рыб исследованных водотоков характеризуется как относительно прямолинейный. Годовые приросты тела рыб в разных возрастных группах колеблются от 41 мм до 57 мм (табл. 3). Как правило, начиная с трех-четырехгодовалого возраста у хариуса исследованных водотоков наблюдается снижение темпа роста, совпадающее, по-видимому, с половым созреванием рыб.

Таблица 3

Рост хариуса исследованных водотоков (по данным обратных расчислений)

Водоток	Расчисленные длины, мм					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
р. Ижма (русло)	46	111	154	200	263	312
р. Ыджыд-Изман	39	108	149	197		
р. Ыджыд-Леса	46	93	150			
р. Кедва	50	98	143			
р. Никита-Сотчемью	40	101	144	165		
р. Эшмес	45	109	157			
р. Вымь	40	96	151	191	234	279

В целом, хариус в водотоках Тимана растет довольно быстро, отставая по этому показателю рыбам из водоемов Камского бассейна (Зиновьев, Мандрица, 2008).

Литература

Андреев В. А., Решетников Ю. С. Исследование внутривидовой морфологической изменчивости сига *Coregonus lavaretus* (L.) методами многомерного статистического анализа // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 17. Вып. 5 (106). С. 862–878.

Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. Т. 1. / Под ред. Ю. С. Решетникова. М.: Наука, 2002. 379 с.

Захаров А. Б., Бознак Э. И. Современное состояние рыбного населения водотоков Тимана // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов: Материалы докл. I Всерос. конф. с междунар. участием. М.: АКВАРОС, 2011. С. 243–250.

Зиновьев Е. А., Мандрица С. А. Хариус реки Сарс// Биология и экология рыб Прикамья: Межвузовский сборник научных трудов. Пермь, 2008. С. 10–24.

Кожара А. В., Изюмов Ю. Г., Касьянов А. Н. Общая и географическая изменчивость числа позвонков у некоторых промысловых видов рыб // Вопр. ихтиологии. 1996. Т. 36, Вып. 2. С. 179–194.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

Hammer Ø.,Harper D.A.T., P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9p.

ПАРАЗИТОФАУНА КАРАСЯ ЗОЛОТОГО *CARASSIUS CARRASIUS* (L.) ИЗ ОЗЕРА ДЛИННОЕ (БАССЕЙН СРЕДНЕЙ ВЫЧЕГДЫ)

Е. А. Голикова
Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
golikovaea309@gmail.com

Золотой карась имеет обширный ареал, распространен в Европе, в Сибири и в Северном Казахстане. В Республике Коми заселяет заболоченные, заросшие водоемы, старицы и речки с медленным течением. Способен выдерживать экстремальные условия среды. Карась может быть резервуарным хозяином паразитов опасных для ценных видов рыб, птиц и человека.

Паразитофауна золотого карася изучена достаточно хорошо почти по всему ареалу (Митенев, 1997; Пугачев, 1984; Радченко, 1989; Румянцев, 2007; Доровских, Степанов, 2011, и др.). Показано, что паразитофауна карася европейского северо-востока России обедняется с запада на восток, т. е. от бассейна Балтийского моря к западному Предуралью и затем на восток от р. Обь до р. Колыма, а также с юга на север. На эту общую картину накладываются местные условия. Основу паразитофауны карася на большей части его ареала формируют 7 видов. С учетом литературных источников, фауна паразитов карася в водоемах северо-востока европейской части России в настоящее время насчитывает 49 видов.

Результаты исследования паразитофауны золотого карася из водоемов бассейна р. Вычегда обобщены в монографии Г. Н. Доровских и В. Г. Степанова «Паразитофауна карповых рыб *Cyprinidae* Bonaparte, 1832 из водоемов северо-востока европейской части России» (2011). Здесь отмечено 44 вида паразитов. За прошедшие со времени последних ихтиопаразитологических исследований в бассейне Средней Вычегды прошло более 10 лет. За эти годы могли произойти значительные изменения в паразитофауне рыб. Выявить эти изменения ихтиопаразитофауны – одна из задач нашего исследования.

Сбор материала произведен в среднем течении р. Вычегда из оз. Длинное (окрестности биобазы СГУ). Озеро старичного типа, в весеннее половодье соединяется с рекой. Характеризуется густыми зарослями береговой и водной растительности. Дно илистое и сильно захламлено остатками древесной растительности. Карась отловлен в июне и октябре 2008 года в количестве 30 экз. (8 самцов и 22 самки) длиной 131–164 мм (среднее 158) весом 40,4–81,5 г (среднее 56,9); в июне 2013 г. – 11 экз. (4 самца, 7 самок) длиной 128–146 мм (среднее 141,2) весом 39,7–69,9 г (среднее 50,3). Всего исследовано 41 экз. рыб по общепринятой методике (Быховская-Павловская, 1985).

Таблица

Паразитофауна золотого карася из озера Длинное (бассейн р. Вычегда)

Вид паразита	22.06.99 n=10	24.06.00 n=10	23-28.06.01 n=10	26-28.06.02 n=10	24-26.06.03 n=10	8-30.06.08 n=20	15.10.08 n=10	26.06.13 n=11
Myxidium rhodei	5(8,5)	5(30,4)	10(31,1)	7(9,0)	5(5,6)	-	-	2(2,5)
Myxobolusellipsoides	8(13,4)	9(63,9)	10(133,3)	10(288,1)	10(155,2)	-	-	7(60,6)
M. carassii	6(32,8)	6(9,9)	9(19,4)	6(11,7)	3(3,4)	-	-	8(23,2)
M. dispar	-	-	4(1,3)	3(1,3)	9(14,2)	-	-	-
M. thellohanellus	-	-	3(1,1)	1(0,1)	4(0,5)	-	-	-
M. macrocapsularis	2(92,1)	9(527,0)	5(230,2)	3(127,7)	6(42,1)	-	-	5(120,5)
M. dogieli	-	2(1,4)	2(0,5)	-	3(0,8)	-	-	-
Apiosoma carpelli	1(1,0)	-	-	-	-	-	-	-
Trichodina pediculus	-	-	-	-	-	-	-	8(72,7)
Dermocystidium sp.	-	-	-	-	-	-	-	3(27,3)
Dactylogyrus wegeneri	9(13,5)	9(37,6)	10(42,7)	8(49,9)	10(26,6)	6(1,5)	1(0,1)	11(17,1)
D. intermedius	10(46,7)	10(39,7)	10(64,4)	8(70,1)	10(75,4)	17(7,2)	1(0,1)	10(2,8)
D. formosus	8(8,6)	8(9,6)	10(10,9)	7(9,4)	8(4,1)	-	-	11(8,2)
D. anchoratus	-	-	9(4,4)	7(1,9)	4(0,6)	5(0,4)	-	8(3,5)
D. dulkeiti	4(0,8)	-	10(12,8)	6(3,8)	9(0,9)	-	-	3(0,3)
D. crassus	-	-	-	-	-	-	-	1(0,1)
D. vastator	4(0,8)	3(0,3)	9(1,8)	7(2,0)	3(0,3)	12(2,1)	-	6(1,5)
Gyrodactylus carassii	1(0,1)	3(0,5)	-	1(0,1)	3(0,9)	-	-	2(0,2)
G.longoacuminatus f.typica	-	-	-	1(0,1)	-	-	-	-
Khawia rossistensis	-	-	-	3(0,3)	-	10(2,6)	2(0,3)	1(0,1)
Allocreadium isoporum	5(2,3)	-	-	1(0,1)	-	-	-	-
A. transversal	-	-	-	1(0,1)	-	-	-	-
Ichthyocotylurus variegatus	5(10,5)	2(0,3)	-	2(0,5)	-	-	-	3(2,8)
Philometroides sanguinea	1(0,3)	1(0,1)	1(0,1)	3(0,3)	4(968,5)	-	-	4(20,3)
Neoechinorhynchus rutili	-	-	-	-	-	-	1(0,1)	-
Unionidae gen.sp.l.	-	-	-	-	-	-	-	4(178,7)
Ergasilus sieboldi	-	-	-	-	-	-	-	1(0,1)
Argulus foliaceus	1(0,1)	1(0,1)	-	-	-	-	-	-
Lernaea cyprinacea	6(1,4)	-	2(0,3)	3(0,5)	3(0,5)	-	1(0,1)	-
Eylais	-	-	3(0,3)	-	-	1(0,05)	-	-

Примечание. Столбцы 2, 3, 4, 5, 6 составлены по: Г. Н. Доровских, В. Г. Степанов (2011); столбец 7, 8, 9 – наши данные. Перед скобками – число зараженных рыб данным видом паразита; в скобках – индекс обилия.

У карася из оз. Длинноес учетом опубликованных данных отмечено 30 видов паразитов (табл.), принадлежащих к 8 систематическим группам: Myxosporidia – 7 видов, Peritricha – 2, Protozoa incertae sedis – 1, Monogenea – 9, Cestoda – 1, Trematoda – 3, Nematoda – 1, Acanthocephala – 1, Bivalvia – 1, Crustacea– 3, Arachnida – 1вид. В составе паразитофауны преобладают виды, имеющие прямой цикл развития (17 видов), в основном представленные моногенеями. Миксоспоридии, гвоздичники, трематоды, нематоды и скребни развиваются с участием промежуточных хозяев (13 видов).Специфичными для карася являются моногенеи, а также нематоды *Philometroides sanguine.* Остальные 20 видов имеют широкий круг хозяев.

Анализ материала из оз. Длинное показал, что за период, начиная с 1999 г. по 2013 г. фауна паразитов карася сильно не изменилась (табл.). Сохраняется разнообразие и значительная зараженность миксоспоридиями рыб. Это связано с тем, что карась предпочитает илистые участки водоема, где обитают олигохеты, которые, как установлено (Дудин, 2010), являютсяобязательным звеном в жизненном цикле миксоспоридий. Цисты *Myxidium rhodei* отмечаются в почках. Слизистые споровики *Myxobolus ellipsoids*, *M. carassii* и *M. macrocapsularis* локализуются в жабрах, перитениуме, печени и др. Из простейших нами впервые указаны паразитические инфузории *Trichodina pediculus* для карася золотого водоемов европейского северо-востока России (Доровских, 2011). Наблюдали высокий уровень инвазиис индексом обилия 72,7 экз. на одну рыбу (табл.). В более ранних исследованиях в списке видов не указывается *Dermocystidium sp*. Следует отметить, что *Dermocystidium* становится довольно обычным для некоторых карповых и окуневых рыб, например, ерша и окуня (Доровских, Степанов, 2011; Голикова, 2013). Возможно, идет постепенное распространение этих паразитов и расширение круга их хозяев.

Паразитофауна моногеней карася водоемов северо-востока европейской части России отличается наибольшим видовым разнообразием (9 видов) (Доровских, Степанов, 2011). В оз. Длинное бассейна р. Вычегда также встречается 9 видов моногеней, впервые отмечен *Dactylogyrus crassus*. В разные годы колебания численности червей незначительны. Доминируют *D. wegeneri*, *D. intermedius*, *D. formosus* и *D. anchoratus* (табл.), которые входят в состав ядра паразитофауны карася золотого.

Не богат состав гельминтов. Цестоды карася представлены 1 видом – *Khawiarossis tensis*, который развивается с участием одного промежуточного хозяина малощетинковых червей. Зараженность рыб гвоздичником не высока, встречаются 1–2 особи у единичных экземпляров рыб. Карась в незначительной степени заражается трематодами. Видимо, обитая в донной части озер, карась в меньшей степени контактирует с моллюсками, обязательным звеном в жизненном цикле трематод. Из 9 видов трематод карася бассейнов рек северо-востока европейской части России, указанных в литературе (Доровских, Степанов, 2011), нами обнаружен только 1 вид *Ichthyocotylurus variegates* (табл.). Это широко распространенный и обычный паразит для карповых и окуневых рыб. В разные годы уровень инвазии ихтиокотилурусом по индексу обилия меняется от 0,3 до 10,5 экз. на рыбу. В исследуемом озере у карася из нематод встречает-

ся только специфичный вид *Philometroides sanguine*. Развитие паразита протекает с участием копепод. В период исследований с 1999 по 2002 гг. филометры отмечались единично. В 2003 г. уровень инвазии нематодами карася достигмаксимальных значений (968,5 экз. на рыбу), также в 2013 г. встречались рыбы сильно зараженные нематодой (до 178 экз. червей). Впервые для карася бассейна р. Вычегда указан скребень *Neoechinorhynchus rutili* – широко распространенный вид, встречается у многих рыб бассейнов рек Северная Двина, Мезень, Печора (Голикова, 2014). Находки червей единичны.

Представляет интерес находки личинок моллюсков глохидий *Unionidae gen. sp.*, которые раннее отмечались в исследованиях карася из бассейна р. Сухона (Доровских, Степанов, 2011). У карася из оз. Длинное найдены впервые. Глохидии в массе, до тысячи экземпляров, обнаружены на поверхности кожи головного отдела рыб. Видимо, появилась вероятность заражениями рыб в результате удлинения сроков и увеличения объема проточности озера во время весеннего паводка. Поскольку, из года в год идет смыв правого берега р. Вычегда, сужается участок пойменной террасы между озером и рекой. Карась, активно нагуливаясь в этот период, цепляет созревших глохидий перловиц, обитающих в реке.

Таким образом, у карася золотого в бассейне р. Вычегда с учетом литературных данных обнаружено 30 видов паразитов. Впервые для карася этого района указаны *Trichodina pediculus, Dermocystidium sp., Dactylogyrus crassus, Neoechinorhynchus rutili*, *Unionidae gen. sp.* Видовой состав и уровень инвазии паразитами карася золотого из оз. Длинное на протяжении более 15 лет относительно постоянен. Колебания численности паразитов карася в основном определяются погодными условиями года и постепенным изменением гидрологического режима озера.

Литература

Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразитофауна карповых рыб *Cyprinidae* Bonaparte, 1832 из водоемов северо-востока европейской части России (монография). Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2011. 186 с.

Дудин А. С. Современное состояние изученности жизненных циклов представителей типа Myxozoa // Паразитология. 2010. Т. 44. Вып. 3. С. 262–273.

Голикова Е. А. Паразитофауна ерша *Gymnocephalus cernuus* (L.) из Средней Печоры // Закономерности функционирования природных и антропогенных трансформированных экосистем: Материалы Всерос. науч. конф. Киров, 2014. С. 83–86.

Митенёв В. К. Паразиты пресноводных рыб Кольского Севера. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. 199 с.

Пугачев О. Н. Паразиты пресноводных рыб северо-востока Азии. Л.: Изд-во Зоол. ин-та АН СССР, 1984. 156 с.

Радченко Н. М. Ихтиопаразитологическая характеристика Кубенского озера // Биологические ресурсы и рациональное использование водоемов Вологодской области: Тр. ГосНИОРХ. Л., 1989. Вып. 293. С. 101–106.

Румянцев Е. А. Эволюция фауны паразитов рыб в озерах Европейского Севера (фауна, экология, эволюция). Петрозаводск, 2007. 252 с.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА КЛЕТОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЦЕЛОМИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ МОРСКИХ ЗВЕЗД *ASTERIAS RUBENS*

В. А. Федюнин, А. А. Поромов, А. В. Смуров
Московский государственный университет им. М. В. Ломоноса,
v-fedyunin@mail.ru

При анализе и оценке качественного состояния, экологического благополучия морских водных объектов возникает множество вопросов, связанных с их многокомпонентностью, сложностью взаимодействия отдельных элементов, разнообразием протекающих в массе морской воды процессов, значительной изменчивостью под влиянием естественных и антропогенных факторов, различием в испытываемых нагрузках и условиях использования и т.д. (Патин, 2003). Биодоступность и токсичность многих веществ для морских организмов зависят от их физической и химической формы, pH и солености морской воды и отличаются от пресных вод. (Coteur et al., 2004a).

Иглокожие, древнейшие представители группы Deuterostomia, перспективны в качестве тест-объекта в связи с их высокой экологической значимостью. На разных уровнях биологической организации иглокожих (от субклеточного до организменного уровня) возможно изучение токсических эффектов загрязняющих веществ (Coteur et al., 2003; Rшnning, 2005; Poromov, 2013).

Иглокожих можно считать перспективными организмами для фундаментальных и прикладных исследований. Они могут быть с успехом использованы для разработки новых экспериментальных подходов и стратегий для оценки состояния окружающей среды и прогнозирования последствий воздействия загрязняющих веществ (Micael et al., 2009). Ювенильные организмы, гаметы, эмбрионы и личинки могут быть использованы для быстрого, недорого и надежного скрининга и тестирования токсичных веществ и для детального изучения их механизмов действия (Zito et al., 2005). При этом опубликован обширный материал по биоаккумуляции загрязняющих веществ в иглокожих, в том числе морских звездах A. rubens (Coteur et al., 2003; Temaraa et al., 1997) и влиянию загрязняющих веществ на клеточные элементы (Coteur et al., 2004a; Matranga et al., 2012; Oweson et al., 2010).

Важную роль в регенерации и защитных реакциях иглокожих от различного рода повреждений и инфекций выполняют целомоциты (амебоциты). Целомоциты циркулируют в составе целомической жидкости и способны к фагоцитозу инородных частиц и образованию агрегатов в зонах существенных повреждений тела, затрагивающих целомические каналы (Козлова и др., 2006). Восстановление пула целомоцитов при повреждении животного происходит достаточно быстро. Предполагается, что у морских звезд регенерация протекает по типу морфаллаксиса, когда новые клетки возникают за счет деления клеток в депо, которыми в данном случае может служить целомический эпителий и эпидермальный слой шнура радиального нерва (Rychel, Swalla, 2009).

В целомической жидкости наблюдаются три субпопуляции клеток, различных по характеристике и выполняемым функциям: 1) Агранулоциты – клетки ЦЖ, не несущие гранул, диаметром 4–7 мкм, ядра диаметром 2–4 мкм, окрашены азуром в синий цвет, могут располагаться по центру, либо эксцентрично, цитоплазма имеет слабо-розовый оттенок, окрашена гомогенно, форма клеток варьирует, встречаются клетки округлой или овальной формы, иногда наблюдаются псевдоподии. 2) Гранулоциты – клетки диаметром 4–7 мкм с гранулами различных форм и размеров (0,5–1,0 мкм), ядра (2–4 мкм) окрашены азуром в синий цвет и могут располагаться либо по центру, либо эксцентрично, цитоплазма имеет слабо-розовый оттенок, гранулы окрашены азуром или эозином, клетки округлые или овальные, возможны псевдоподии. 3) Мелкие клетки с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением, диаметром 3–4 мкм, ядра окрашены азуром в синий цвет, вокруг ядер – тонкий слой цитоплазмы, цитоплазма почти не окрашена, редко имеет светло-розовый оттенок.

В ходе проведённой работы было изучено влияние различных концентраций наиболее актуальных для Белого моря тяжелых металлов (Свинец (Pb) Кадмий (Cd) Ртуть (Hg) Хром (Cr) Никель (Ni) Медь (Cu) Марганец (Mn)), на клеточные элементы целомической жидкости морских звезд Asterias rubens.

Токсикологические эксперименты проводили в стеклянных аквариумах, в каждый из которых были помещены по 5 морских звезд Asterias rubens примерно равного размера, содержавшиеся при температуре 10°С в стоячей воде. Металлы добавляли в трёх концентрациях, равных значениям 1, 10 и 100 ПДК, установленных для данных металлов. В качестве исследуемых параметров использовали число клеток и изменение соотношения различных субпопуляций целомоцитов в целомической жидкости. Измерение проводились в начале эксперимента, через 24 часа, 3 и 7 дней. Оценка количества клеток проводилось с помощью окраски раствором толуидинового синего в камеры Горяева. Оценка соотношения клеток проводилась на фиксированных препаратах целомоцитов, окрашенных раствором Романовского-Гимзе при увеличении 100Х.

В ходе работы описаны изменения, происходящие в целомической жидкости при действии тяжелых металлов в сублетальных концентрациях.

Литература

Патин С. А. Эколого-токсикологические подходы к оценке воздействия на морскую среду и биоресурсы // Современные Проблемы Водной Токсикологии: Труды Всероссийской Конференции. Борок: ИБВВ РАН. 2003.

Coteur, G., Corriere, N., & Dubois, P. Environmental factors influencing the immune responses of the common European starfish (Asterias rubens) // Fish & Shellfish Immunology. 2004a. 16(1) P. 51–63.

Coteur G., Gillan D., Joly G., Pernet P., & Dubois P. Field contamination of the starfish asterias rubens by metals // Effects on cellular immunity. Environmental Toxicology and Chemistry. 2003. P. 2. 22(9). P. 2145–2151.

Rшnning By Ingeborg. Echinoderm Coelomocytes as a Cellular Model in Toxicity Testing and Biomonitoring. (January). 2005.

Poromov A. Influence anthropogenic pollution on starfish ’ s Asterias rubens at different level of biological organisation, (Ryzsa 2000). 2013. P. 6–7.

Micael J., Alves M. J., Costa A. C., Jones M. B. Exploitation and Conservation of Echinoderms // Oceanography and Marine Biology. An Annual Review. 2009. P. 191–208.

Zito F., Costa C., Sciarrino S., Cavalcante C., Poma V., Matranga, V. Cell adhesion and communication: a lesson from echinoderm embryos for the exploitation of new therapeutic tools // Marine Molecular Biotechnology, Subseries of Progress in Molecular and Subcellular Biology. 2005. 39. P. 7–44.

Temaraa A., Warnaua M., Jangouxa M., Dubois,P. Factors influencing the concentrations of heavy metals in the asteroid Asterias rubens L. Echinodermata. 1997. 203. P. 51–63.

Matranga V., Pinsino A., Randazzo D., Giallongo A., Dubois P. Long-term environmental exposure to metals (Cu, Cd, Pb, Zn) activates the immune cell stress response in the common European sea star (Asterias rubens). Marine Environmental Research. 2012. 76. P. 122–7.

Козлова А., Петухова О., Пинаев Г. Анализ клеточных элементов целомичской жидкости на ранних сроках регенерации морской звезды Asterias rubens L. // Цитология. 2006. № 48(3). С. 175–183.

Rychel A. L., Swalla, B. J. Regeneration in Hemichordates and Echinoderms. In B. Rinkevich & V. Matranga (Eds.), Stem Cells in Marine Organisms. 2009. P. 245–265.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОГО ПРУДА

Ю. Л. Герасимов, А. В. Синицкий
Самарский государственный университет,
Самарская государственная областная академия (Наяновой),
yuger55@list.ru, sinandr@mail.ru

В пределах черты г. Самары в парках и скверах и в жилых кварталах расположено более 40 овражных и копаных прудов, которые сильно различаются по размеру и по состоянию, часть из них летом пересыхают. Загрязнения поступают в них в основном с дождевым и талым стоком с прилегающих территорий, отчасти с атмосферными осадками. Население оставляет на берегах и в воде бытовой мусор. Несмотря на это, часть прудов в теплое время года используются местными жителями для отдыха и купания. В последние годы местными властями предпринимаются попытки мелиорировать некоторые стоячие водоемы на территории города в интересах рекреации.

Мы изучили видовой состав и численность популяций зоопланктона одного из этих прудов после мелиорации с целью определить, как повлияли проведённые работы на состояние водной экосистемы.

Пруд расположен в Советском районе города Самары. Он был выкопан в начале XX века в пригородной зоне, в настоящее время оказался на застроенной территории. На западном берегу расположен задний двор Самарского государственного экономического университета (СГЭУ). На северном и восточном берегах одноэтажные дома с приусадебными участками, на южном берегу, почти у самой воды, металлические гаражи, далее пятиэтажные жилые дома. Форма пруда округлая, размеры около 120 на 100 м. Глубина пруда весной не превышает 1 м, летом до четверти площади мелководий обсыхало, в некоторые годы пруд пересыхал полностью. Дно илистое, топкое, плавно понижающееся к центру. Берега на большем протяжении пологие, сложенные суглинистым черноземом. Пруд питается атмосферными осадками и грунтовыми водами. Вода

мутная (прозрачность по диску Секки в 2005 г. не более 60 см), с середины лета пахла гнилью.

Водо-воздушные макрофиты занимали до 90% акватории (в остальных прудах г. Самары – до 50%). Доминировал рогоз узколистный, присутствовали омежники водный и широколистный, сусак зонтичный, частуха подорожниковая, ситняг болотный, зюзник европейский и ежеголовник прямой. На поверхности воды, плавала ряска малая (Матвеев и др., 1995).

На берегах и мелководьях было много бытового мусора, на почве пятна нефтепродуктов. Население активно использовало берега для отдыха, здесь было несколько больших кострищ, окружённых старой мебелью. Возле нескольких прибрежных участков с открытой водой рыбаки устроили помосты для ловли рыбы (ротана-головешки) удочками. Дно у берегов местами было сплошь покрыто утонувшим мусором, на поверхности воды плавали куски дерева и пенопласта, пустые стеклянные и пластиковые бутылки и т.д.

Экосистема пруда впервые обследовалась в 2001–2002 гг. (Захаров, 1005; Синицкий, 2004), было обнаружено 24 вида беспозвоночных (Rotatoria, Oligochaeta, Crustacea, Insecta). В 2005 г. нами было обнаружено 77 видов беспозвоночных (Герасимов, 2007).

В 2013 г. пруд был полностью очищен от макрофитов, мусор убрали, мелководья засыпали, берега укрепили щебнем. Площадь водного зеркала значительно уменьшилась. Водоём оказался на огороженной территории СГЭУ и доступ жителей окружающих домов на берега прекратился.

Исследование беспозвоночных пруда проводили с середины апреля до середины сентября 2014 г. За это время уровень воды в пруду СГЭУ понизился на 20 см, уже к середине лета на многих участках акватории появились побеги рогоза, образовавшие небольшие куртины. Происходило активное размножение синезеленых водорослей, особенно *Microcystis aeruginosa*.

Пробы собирали планктонной сеткой, батометром и кружкой по общепринятым методикам (Руководство, 1992).

В 2005 году в пруду обнаружено 30 видов коловраток из 13-ти семейств (Asplanchnidae, Brachionidae, Colurellidae, Dicranophoridae, Euchlanidae, Filinidae, Hexarthridae, Lecanidae, Mitilinidae, Notommatidae, Phylodinidae, Synchaetidae и Trichocercidae). В 2014 г. – 17 видов из 9-ти семейств (сем. Tricotriidae ранее не регистрировалось). Число родов уменьшилось с 19 до 15, при том, что впервые в пруду обнаружены роды *Colurella, Testundinella* и Trichotria. Роды коловраток и число видов в них показаны в таблице.

Таблица

Число видов коловраток по семействам и родам пруда СГЭУ

Род	Число видов		Род	Число видов	
	2005	2014		2005	2014
Asplanchna	1	1	*Dicranophorus*	1	1
Brachionus	4	2	*Encentrum*	1	0
Platyias	1	1	*Mitilina*	1	0
Keratella	3	2	*Cephalodella*	1	1
Notholca	1	0	*Philodina*	1	0
Colurella	0	1	*Rotaria*	1	1

Род	Число видов		Род	Число видов	
	2005	2014		2005	2014
Lepadella	1	0	*Polyarthra*	2	1
Hexarthra	1	0	*Synchaeta*	1	1
Euchlanis	2	1	*Testundinella*	0	1
Filinia	1	1	*Trichocerca*	3	0
Lecane	1	1	*Trichotria*	0	1
Всего:				28	17

Как видно из таблицы, в 2014 г. не обнаружено 13 видов коловраток, зарегистрированных в 2005 г. Из них 8 видов были достаточно многочисленны, а 5 видов из родов *Dicranophorus*; *Encentrum*; *Euchlanis*; *Notholca*; *Philodina* и *Rotaria* в 2001–2002 гг. не были обнаружены (Руководство …, 1992), а в 2005 г. встречались единично. Все эти 13 видов либо выпали из состава экосистемы пруда, либо их численность уменьшилась настолько, что они не попадали в орудия лова.

В 2005 г. виды *Brachionus calyciflorus* Pallas, 1776, *Platias quadricornis* Ehrenberg, 1832 и *Philodina roseola* (Ehrenberg, 1832) встречались более чем в 75% проб. *Asplanchna girodi* Guerne, 1888, *B. quadritentatus* Hermann, 1783, *Keratella testudo* (Ehrenberg, 1832), *Cephalodella gibba* (Ehrenberg, 1834) и *Rotaria tardigrada* (Ehrenberg, 1832) были обнаружены примерно в половине всех проб. *B.rubens* Ehrenberg, 1832, *Lepadella ovalis* (O.F.Muller, 1786), *Trichocerca porcellus* (Gosse, 1886), *T. similis* (weirzejski, 1893), *Dicranophorus forcipatum* (O.F.Muller, 1786) были найдены 1-2 раза за сезон.

В 2014 г. наибольшая встречаемость (более 75% проб) была у видов *K. quadrata* (Muller, 1786) и *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925. В 50-75% всех проб присутствовали *B. calyciflorus, Colurella obtusa* (Gosse, 1886), *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832, *Testundinella patina* Hermann, 1783.

Как видно из вышеприведённых данных, в экосистеме произошла полная смена доминирующих видов. Если в 2005 г. по частоте встречаемости лидировали придонные виды, а пелагические занимали второстепенное положение в экосистеме, то в 2014 г. чаще встречались именно пелагические коловратки *K. quadrata* и *P. dolichoptera*, среди 4-х видов-субдоминантов была пелагическая *S. pectinata*.

Численность популяций коловраток в 2005 г. была очень небольшой, лишь у некоторых видов она была выше 1 экз/л в первой половине июня, в остальные месяцы численность всех обнаруженных видов не превышала 0,5 экз/л. В сентябре уровень воды значительно понизился и в густых зарослях рогоза глубина воды не превышала 10 см. Коловратки встречались в пробах, но достоверно оценивать их плотность стало затруднительно, поэтому данные за осенний период мы не приводим.

В 2014 г. численность популяций пелагических коловраток была в 3–5 раз больше, чем в 2005 г. У придонных и зарослевых видов из родов *Dicranophorus, Euchlanis* и *Testundinella* в 1,5-2 раза больше. У коловраток остальных видов численность, как и предыдущее обследование, не превышала 0,5 экз/л.

В 2005 г. в экосистеме присутствовали 3 вида индикатора олигосапробных вод, 9 видов индикаторов олиго-β-мезосапробных вод, 3 вида индикатора β-мезоолигосапробных вод, 3 вида индикатора β-мезосапробных вод, 1 вид индикатор β-α-мезосапробных вод, 2 вида индикатора α-мезосапробных вод и 2 вида индикатора полисапробных вод.

В 2014 г. найдены 2 вида индикатора олигосапробных вод, 3 вида индикатора олиго-β-мезосапробных вод, 3 вида индикатора β-мезоолигосапробных вод, 2 вида индикатора β-мезосапробных вод, 2 вида индикатора β-α-мезосапробных вод, 2 вида индикатора α-мезосапробных вод и 2 вида индикатора полисапробных вод. 3 вида индикатора олигосапробных вод, 9 видов индикаторов олиго-β-мезосапробных вод, 3 вида индикатора β-мезоолигосапробных вод, 3 вида индикатора β-мезосапробных вод, 2 вида индикатора β-α-мезосапробных вод и 1 вид индикатор α-мезосапробных вод. Видов-индикаторов полисапробных вод не обнаружено.

Изменения фауны коловраток в пруду СГЭА являются результатом проведённых мелиоративных работ. Значительное уменьшение площади мелководий сократило экологическую нишу литоральных видов. Уничтожение зарослей макрофитов ликвидировало местообитание зарослевых видов. Именно в этих 2-х группах коловраток уменьшилось количество видов. При этом увеличились возможности развития популяций планктонных коловраток. Раньше планктонные виды обитали на нескольких участках открытой воды среди зарослей, теперь объём эпилимниона резко увеличился. С другой стороны, удаление зарослей резко уменьшило количество насекомых и их личинок. В 2005 г. мы зарегистрировали 11 видов насекомых, не считая 9-ти видов личинок хирономид, обнаруженных здесь Е.В.Захаровым. Численность насекомых ранее была весьма высокой, в частности, численность личинок *Chaoborus* была наиболее высокой среди всех остальных обследованных нами прудов г. Самары. Личинки *Chaoborus* – активные хищники, которые могли существенно снижать численность коловраток. В 2014 г. этот вид встречался единично, т.е. пресс хищников на коловраток уменьшился. На численности коловраток могло сказаться и изменение температурного режима, вызванное увеличением средней глубины после уничтожения мелководий, а также исчезновением затенения после ликвидации зарослей растений. Изменение состава видов-индикаторов сапробности свидетельствует о некотором уменьшении загрязнения водоёма. Это связано, скорее всего, с удалением большого количества гниющих остатков растений на мелководьях и с уменьшением размыва берегов после их укрепления щебнем. Таким образом, мелиоративные работы способствовали улучшению состояния пруда.

Литература

Герасимов Ю. Л. Зоопланктон как компонент гидробиоценозов городских прудов // Вестник Самарского госуниверситета. 2007. № 8 (58). С. 39–49.

Захаров Е. В. Сообщества макрозообентоса малых водоемов урбанизированных территорий (на примере города Самары). Самара: СамГУ, 2005. 167 с.

Матвеев В. И., Гейхман Т. В., Соловьева В. В. Самарские пруды как объект ботанических экскурсий. Самара, 1995. 44 с.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 246 с.

Синицкий А. В. Особенности структурной организации зоопланктоценозов малых водоемов урбанизированных территорий. Самара: СамГУ, 2004. 169 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА БЕНТОСНОЙ ФАУНЫ ПОЗДНЕГО СИЛУРА В ОБНАЖЕНИИ 236

Б. И. Канев, Т. М. Безносова

Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина,

slava.kanev.1995@mail.ru

Изученный разрез пржидольского яруса верхнего силура расположен в обнажении 236 на р. Кожим, вблизи устья р. Сывью (рис. 1).

В стратиграфической схеме Урала пржидолу соответствует гребенской надгоризонт, который подразделен на два горизонта белушьинский и карповский. Стратотипические разрезы этих горизонтов находятся на острове Вайгач. Парастратотипические разрезы расположены в обнажении 236 (Объяснительная записка …, 1994; Опорные разрезы…, 1983).

Рис.1. Схема расположения изученного разреза (обн. 236)

Общая мощность разреза составляет 150 м. Пржидольские образования представлены преимущественно карбонатными, реже карбонатно-терригенными отложениями с многочисленным и разнообразным комплексом бентосной фауны: ругозы, табуляты, строматопороидеи, брахиоподы, гастроподы, остракоды, трилобиты и др.

Брахиоподы присутствуют в отложениях белушьинского и карповского горизонтов и являются одной из важнейших групп бентосных организмов для определения возраста отложений, стратиграфического расчленения и корреляции раннепалеозойских толщ. Широкое распространение, а также многочисленность, позволяют выделить их в качестве объекта для рассмотрения характера изменения бентосных организмов в зависимости от экологических факторов.

Смена сообществ брахиопод в отложениях верхнего силура обусловлена множеством факторов, важнейшими из которых являлись эвстатические изменения уровня моря. По мнению А. Циглера и А. Буко, одним из важнейших факторов, определяющих экологию бентосных сообществ, является глубина бассейна (Ziegler, 1965; Буко, 1979). Проанализировав морские обстановки прошлого, А. Буко выделил пять основных бентосных комплексов (Б.К.) по мере удаления от береговой линии. Под бентосным комплексом понимается груп-

па сообществ, которая неоднократно встречается в разных частях региона (в течение некоторых периодов времени даже на всем земном шаре) в том же самом положении по отношению к береговой линии.

БК 1 – Верхняя часть литорали (деление по средней линии литорали). Первые метры глубины.

БК 2 – Нижняя часть литорали (деление по средней линии литорали). Глубина 6–10 м.

БК 3 – Сублитораль (верхняя часть. Иногда включает самую нижнюю часть литорали). Этот бентосный комплекс включают также сообщества ровного дна и рифовые сообщества на аналогичной глубине. Нижняя граница определяется нижней границей активного фотосинтеза и рифообразования. Глубина до 60 м.

БК 4 – Континентальный (материковый) склон, ниже зоны активного фотосинтеза. Этот уровень может быть на глубине 60–200 м. Верхняя граница - ниже 60 м. Она может располагаться и в области продолжения сублиторали.

БК 5 – Там же или в подножии материкового склона. Состав сообществ БК 4 и БК 5 может заметно отличаться, даже если они оба находятся в пределах сублиторали при отсутствии особых изгибов рельефа. Нижняя граница БК 5 определяется предположительно как 150–180 м. (Буко, 1979).

При изучении брахиопод использовалась механическая и химическая препарировка образцов. Химическая препарировка заключалась в освобождении раковины путем растворения окружающей ее породы 2–5%-ной соляной кислотой. Для изучения внутреннего строения использовался метод последовательных пришлифовок. Пришлифовка велась на толстом стекле при помощи тонкого шлифовального порошка, смоченного водою. Пришлифованная поверхность раковины промывалась водой и протравливалась 5–10%-ным раствором соляной кислоты до тех пор, пока на ней не становились более ясными контуры и структура раковины. С каждой пришлифовки делалась зарисовка пришлифованной поверхности через определенные промежутки. Определение родов брахиопод заключалось в сравнении морфологических особенностей и внутреннего строения брахиопод, имеющихся в коллекции с описанными в литературе.

В результате определены пять родов брахиопод из пржидольского разреза верхнего силура западного склона Приполярного Урала – Atrypoidea, Grebenella, Howellella, Collarothyris, Pseudohomeospira.

Брахиоподы в большом количестве, в виде ракушняка, заключены в нижних слоях **белушьинского горизонта**. Изучая толщу со скоплением брахиопод в основании разреза пржидольского яруса на о. Вайгач, О. И. Никифорова назвала эту толщу – «брахиоподовые слои». (Никифорова, 1970). Подобные слои залегают в основании белушьинского горизонта и в бассейне р. Кожим (рис. 3, толща I). Из этих слоев определены брахиоподы родов: Atrypoidea, Collarothyris, Howellella и Pseudohomeospira. Наибольшее число раковин принадлежат родам Atrypoidea и Collarothyris. В подчиненном количестве присутствуют раковины родов Howellella и Pseudohomeospira, соответственно (рис. 2).

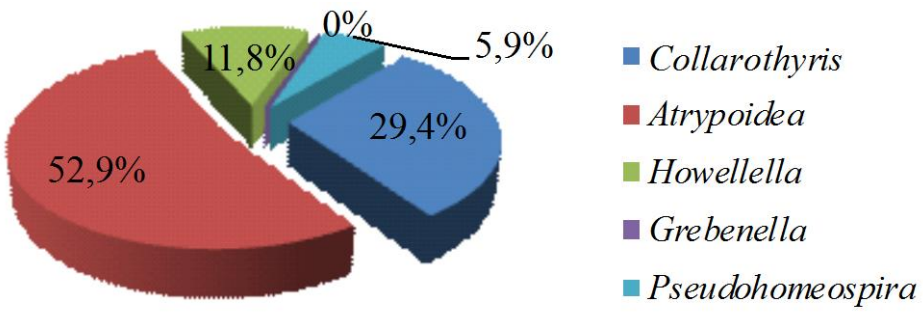


Рис. 2. Круговая диаграмма количественного соотношения родов брахиопод в белушьинском горизонте

Вверх по разрезу количество брахиопод уменьшается. В отдельных слоях наблюдаются небольшие скопления раковин и отдельных створок, принадлежащих к роду *Collarothyris*, а также отдельные раковины и створки *Atrypoidea*. В верхней части белушьнского горизонта, брахиоподы родов *Howellella* и *Pseudohomeospira* не найдены (рис. 3, толща II).

Из отложений **карповского горизонта** определены брахиоподы трех родов: *Collarothyris*, *Atrypoidea* и *Grebenella*. Наибольшее количество раковин принадлежат роду *Grebenella*. Менее распространенными родами являются *Collarothyris* и *Atrypoidea* (рис. 4). Представители этих трех родов, широко распространенных в нижней части карповского горизонта (рис. 3, толща III), в верхних слоях горизонта численность их сижается численности и на рубеже силура девона почти все силурийские рода брахиопод исчезают (рис. 3, толща IV).

По литературным данным, выше границы силур-девон, в нижнедевонских отложениях появляются характерные для раннего девона брахиоподы рода *Protathyris, Mesodouwillina, Howellella.* Последний из перечисленных – единственный род, который «переходит» через границу силур-девон. (Безносова, 2008).

Определенные методом последовательных пришлифовок брахиоподы *Howellella*, *Collarothyris*, *Atrypoidea*, *Pseudohomeospira* и *Grebenella* принадлежат к сообществам брахиопод нижней сублиторали.

Сообщества *Howellella* и *Grebenella* принадлежит к третьему бентосному комплексу. Сообщества *Collarothyris*, *Atrypoidea* и *Pseudohomeospira* батиметрически относится ко второму бентосному комплексу. Раннедевонское сообщество брахиопод *Protathyris* соответствует второму бентосному комплексу (Безносова, 2008).

По отношению к субстрату представители силурийских родов относятся к якорному экологическому типу – наиболее распространенному среди брахиопод. Организм крепится к субстрату при помощи ножки, существующей на протяжении всей жизни животного.

Батиметрическая кривая (рис. 3), построенная на основе смены по разрезу сообществ брахиопод, относящихся к разным бентосным комплексам, четко указывает на эвстатическое колебание уровня моря (трансгрессии и регрессии), что и повлияло на изменение сообществ брахиопод на родовом уровне.

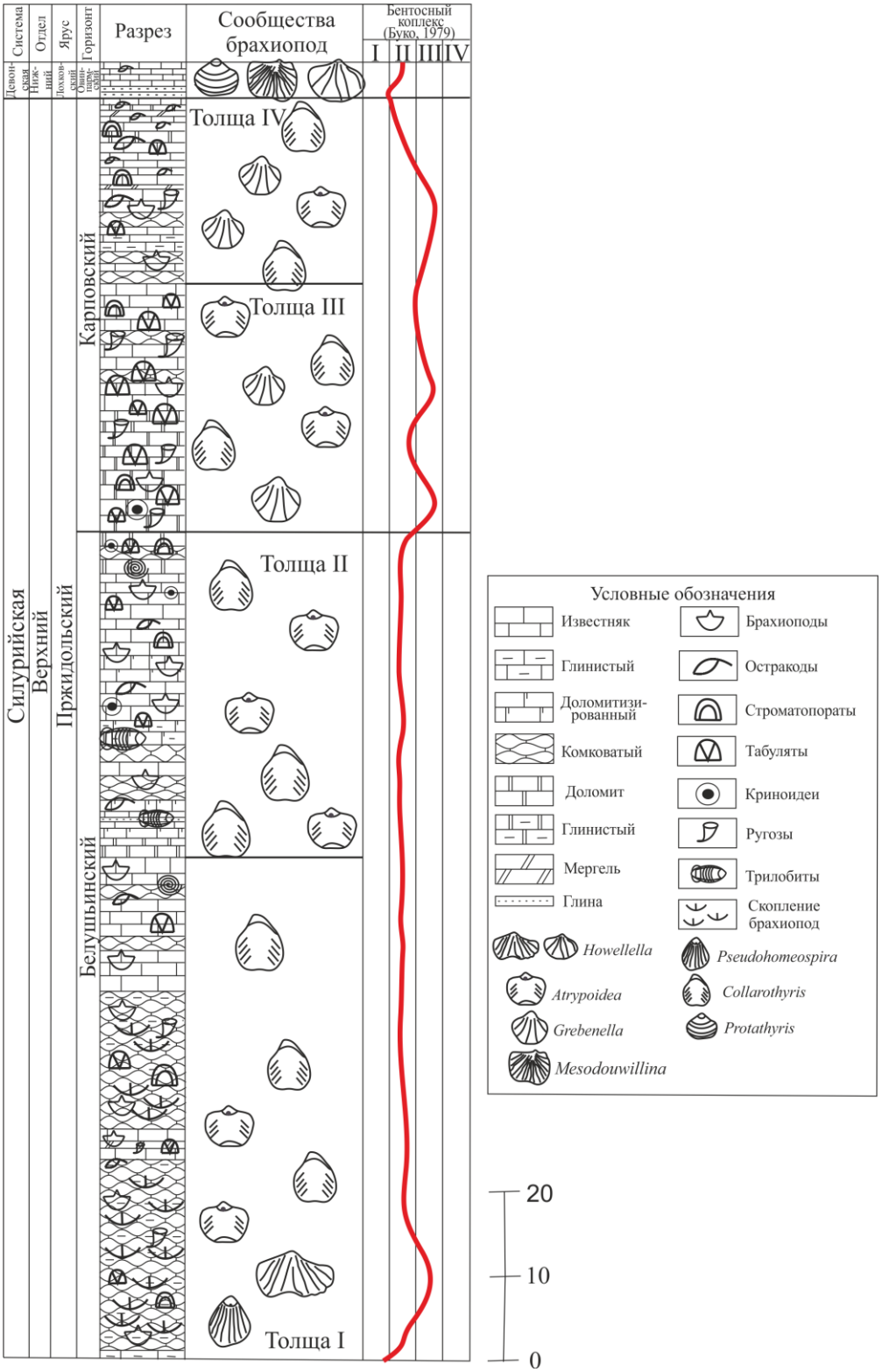


Рис. 3. Литолого-стратиграфическая колонка пржидольского разреза верхнего силура в обн. 236 и батиметрическая кривая

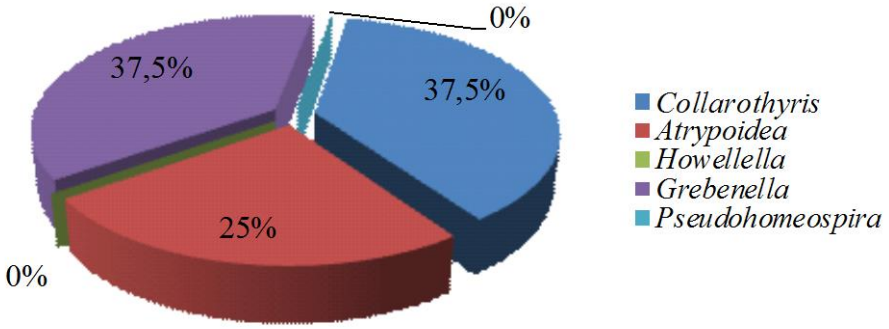


Рис. 4. Круговая диаграмма количественного соотношения родов брахиопод в карповском горизонте

Таким образом, смена сообществ происходила за счет адаптации брахиопод к изменениям условий обитания, связанных с резкими колебаниями уровня морского бассейна (трансгресивно-регрессивные циклы).

Литература

Безносова Т. М. Сообщества брахиопод и биостратиграфия верхнего ордовика, силура и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия. Екатеренбург: УрО РАН, 2008.

Буко А. Эволюция и темпы вымирания. М.: Мир, 1979. 378 с.

Никифорова О.И. Брахиоподы гребенского горизонта Вайгача (поздний силур) // Стратиграфия и фауна силурийских отложений Вайгача. Л.: ПГО «Севергеология», 1970. С. 97–149.

Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрия, палеозой.) Екатеренбург,1994. 152 с.

Опорные разрезы пограничных отложений силура и девона Приполярного Урала. Сыктывкар: Коми фил. АН СССР, 1983. 136 с.

Ziegler A. M. Silurian marine communities and their environmental significant // Nature. 1965. Vol. 207. P. 270–272.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И АДАПТАЦИЯ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ТЕТРАПОД НА ПРИМЕРЕ ИСКОПАЕМЫХ КОТЕЛЬНИЧСКОГО МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ПАРЕЙАЗАВРОВ

В. В. Масютин
Вятский государственный гуманитарный университет,
Вятский палеонтологический музей, masutka11@yandex.ru

Все живые организмы, населяющие нашу Землю, существуют не сами по себе, они зависят от окружающей среды и испытывают её воздействия. Живые или неодушевленные силы природы, действующие вокруг них, – согласованный ансамбль факторов окружающей среды и адаптаций к ним живых организмов. Это касается и древних животных, которые жили на границе палеозоя и мезозоя.

Приблизительно 260 миллионов лет назад территория Кировской области была вовлечена в бурные геологические процессы, происходившие тогда в районе современного Урала. Значительная часть Восточно-Европейской равнины

превратилась в обширную низменность с неустойчивым гидрорежимом, супераквальным и субаквальным ландшафтом, сложным микрорельефом. Климат во время накопления красноцветов был аридный или, по крайней мере, семиаридный, при этом постоянно было наличие «многочисленных рек и озёр». С заснеженных вершин Палеоуральских гор в обширную долину устремлялись мощные водные потоки, которые несли массы обломочного материала. Преимущественно из продуктов разрушения западного Урала на территории области отложились осадочные толщи горных пород: красноцветных глин, песчаников, пёстроцветных мергелей (Benton, 2012).

В это время происходит этап формирование эндемичных сообществ позднетатарского времени. Этап связан с окончательной регрессией крупных солоноводных бассейнов (Казанское море), распространением опреснённых обширных равнин и существенными изменениями физико-географической обстановки. Это повлекло за собой перестройку состава всех прежних сообществ и формированию Котельничского фаунистического субкомплекса (Ивахненко, 2001).

На данный момент на Котельничском местонахождении найдено и дано научное описание семнадцати видам данной фауны. Известны растительноядные, хищники, рыбоядные и насекомоядные формы. У каждого из них существовали те или иные приспособления, позволявшие им добывать пищу. В ходе филогенеза у различных представителей фауны выработались приспособления и самый различный характер поведения, позволяющие использовать обильные и разнообразные корма и по возможности избегать конкуренции за счёт специализации при выборе пищи (Сенников, Голубев, 2010).

Растительность - трудноусваиваемый низкокалорийный корм, но наиболее богатый пищевой ресурс суши, и совершенствование растительноядности было важным направлением в эволюции рептилийных тетрапод.

Наиболее известной группой фитофагов пермских парарептилий являются парейазавры – «щекастые ящеры» (Deltavjatia vjatkensis, Proelginia Hartmann-Weinberg), которые обитали на заливных поймах и в дельтах рек в самом конце позднепермской эпохи.

Они обладали массивным туловищем, коротким хвостом и широко расставленными передними конечностями. В коже спины и головы этих ящеров присутствовали остеодермы – своеобразные костные пластины, которые делали поверхность тела бугристой. В углублениях между остеодермами, возможно, были расположены кожные железы, выделявшие специфическую слизь для увлажнения поверхности кожи животного. Костные разрастания в щечной области придавали голове этих ящеров причудливый облик: недаром их назвали «щекастыми ящерами». Вероятно, они были прибрежными стадными растительноядными животными, которые, подобно бегемотам, большую часть жизни проводили в воде. Помимо легочного, парейазавры, вероятно, обладали и кожным дыханием и, как и у современных лягушек, имелся горловой мешок, посредством которого происходило проталкивание воздуха в легкие. Зубная система практически не дифференцирована, хотя передние зубы имели некоторое укрупнение. Кроме лепестковидных, с крупной пильчатостью по краю, зубов,

на которых нет следов стирания, у парейазавров имелись многочисленные нёбные зубы, служившие, вероятно, для удержания пучков растений.

Но настоящими властелинами позднепермской суши были зверообразные рептилии, или звероящеры (Theromorpha). Самые разные группы этих удивительных животных жили и на территории современной Кировской области.

Растительноядные звероящеры были представлены дицинодонтами «двух собака зубые» (Australobarbarus kotelnitchi, Australobarbarus platycephalus). Эти животные имели короткое тело, хвост, массивные короткие конечности. Зубы у дицинодонтов, за исключением двух больших клыков в верхней челюсти, исчезли, но образовался мощный роговой клюв, как у современных черепах. Клюв был способен срезать даже весьма жесткую растительность, а с помощью передних лап и клыков они могли выкапывать из земли корневища растений.

Крупные растительноядные ящеры – дицинодонты и парейазавры долгое время благополучно уживались друг с другом. Объясняется это тем, что они занимали разные экологические ниши. Парейазавры были околоводными или полуводными животными, а более продвинутые дицинодонты – наземными, хотя и предпочитали, очевидно, низинные биотопы с богатой растительностью.

Для хорошего усвоения твёрдоволокнистой растительности необходимо её тщательное измельчение. Судя по зубам, с этим хорошо справлялась суминия (Suminia getmanovi). Зубы стирались в горизонтальной плоскости при окклюзии друг о друга до такой степени, что от них иногда оставались только цилиндрические основания, даже со вскрытым каналом. Весь стёртый ряд быстро сменялся уже практически выросшими заменяющими зубами, у некоторых особей можно видеть до трёх генераций зубов. Передние зубы выполняли режущую функцию, боковые – перетирающую. При жизни суминии имели длинные конечности с тонкими цепкими пальцами, каждый палец заканчивается сплющенным с боков загнутым когтем. Лапы были цепкими, что позволило предположить, что суминия была наиболее ранним древолазающим позвоночным и обитала на высоких хвощеобразных растениях — каламитах. Кроны деревьев несли на себе тогда еще никем не освоенные источники пищи и могли служить прекрасным убежищем от хищников, в те времена ходивших только по земле.

Животные мелкого размерного класса – эмеролетр (Emeroleter levis), с многочисленными тонкими зубами, коронки уплощены с боков, слабо выражены режущие канты. Пищей могли служить мелкие беспозвоночные, насекомые. Возможно, эмеролетеры обитали на берегах опреснённых водоёмов, выполняя «экологическую функцию» современных лягушек. Было найдено два скелета, которые были в одинаковых позах, с поджатым к хвосту и задним конечностям черепом, можно предположить, что обе особи погибли, находясь в состоянии сна или анабиоза. Возможно, данные животные вели норный образ жизни.

Хищные звероящеры в котельничской фауне были представлены горгонопсами и тероцефалами. Горгонопсы были наиболее архаичны, а тероцефалы более продвинуты и ближе к млекопитающим. Большинство хищников были не специализированы относительно добычи. Ею были практически любые животные подходящих размеров.

Горгонопсы (Viatkogorgon ivakhnenkoi) – крупные хищные саблезубые зверообразные рептилии, доминирующие хищники в конце пермского периода. Первое, что бросается в глаза при взгляде на голову горгонопса – длинные кинжалообразные клыки, сжатые с боков с зазубренными килями спереди и сзади. Морфологическое строение зубного аппарата определяет их как хищников, охотившихся на достаточно крупную добычу. Тонкие режущие клыки говорят о достаточно толстой, но не твёрдой коже жертвы. Ряд авторов не исключает, что вяткогоргон мог быть хорошим пловцом и быть полуводным хищником, возможно, даже охотником за водной добычей (ПАЛЕОСТРАТ, 2000). В его пасть могли попасть все позвоночные – от крупных до небольших, от наземных до полуводных и водных – рептилии, амфибии и рыбы.

Факт наличия нескольких находок остатков горгонопсов позволяет говорить об их былой многочисленности, так как обычно остатки доминирующих хищников находят весьма редко. Последнее обстоятельство обусловлено общим балансом между количеством хищников и их жертв в любой ископаемой или современной фауне.

Высоко специализированные и в тоже время примитивные горгонопиевые – пробурнетия (Proburnetia vjatkensis). Средних размеров животные, клыки короткие, режущего канта нет, заклыковые зубы тесно расположенные, уплощённо-лепестковидные. Необычным в строении черепа пробурнетии являются развитые рогообразные выросты на надглазничных костях и костный гребень на крыше черепа, обычно не характерные для хищников. Данных пока недостаточно, но всё же, возможно, они были наземными, всеядными, облигатно-растительноядными животными.

Другие звероящеры котельничской фауны – тероцефалы – «звероголовые» (Viatkosuchus sumini, Scalopodontes kotelnichi, Scalopodon tenuisfrons, Karenites ornamentatus, Chlynovia serridentatus, Perplexisaurus foveatus, Kotelcephalon viatkensis), не были столь страшными хищниками, как горгонопсы. Котельничские тероцефалы достигали большого морфологического и экологического разнообразия. Видимо среди них были и водные, и наземные, одни из них специализировались как нанофаги, питавшийся насекомыми, моллюсками и другими беспозвоночными, другие не имели выраженных трофических связей и питались разнообразной добычей. Это одно из немногих известных местонахождений, где найдены не только полные, прекрасно сохранившиеся черепа нескольких форм тероцефалов, но также их скелеты и даже пережеванные остатки еды в брюшной части животного.

Водный блок тетрапод приурочен к руслам древних рек (линзам), врезанных в мергель. Обилие весьма крупных, в том числе чисто водных амфибий, также свидетельствует о полноводности и больших размерах рек. В частности, отсюда происходят единичные находки амфибий-лабиринтодонтов (хрониозавр и двинозавр), а также более прогрессивного парейазавра (Proelginia cf. permiana) и териодонтов (Proburnetia vjatkensis).

Удивительные лабиринтодонты – двинозавры (Dvinosaurus primus). Голова была короткой, плоской и округлой. У них сохранялся скелет жаберных дуг, к которым при жизни, вероятно, прикреплялись наружные жабры. Предполага-

ют, что, подобно современному аксолотлю, двинозавр являлся неотенической (т.е. сохраняющей личиночные черты) амфибией и вел исключительно водный образ жизни. Как и многие другие лабиринтодонты, двинозавр был малоподвижным засадным хищником, питался рыбой, для чего наряду с многочисленными и мелкими зубами у него имелось несколько крупных клыков. Крупные размеры (до 2 м в длину) и клыки говорят о том, что эта амфибия была одна из самых опасных водных хищников той эпохи.

Но у двинозавров были грозные соперники – хрониозухии (Chroniosaurus levis), крокодилообразные хищники, характеризуются наличием панциря, покрывавшего сверху все тело и передний отдел хвоста животного. Панцирь состоял из отдельных щитков, располагавшихся в один ряд вдоль позвоночника. Щитки имели сложное замковое сочленение; их спинная сторона была покрыта скульптурой. Спереди от глазниц располагались относительно большие, вытянутые продольно отверстия — предглазничные окна, являющиеся, вероятно, местом расположения солевыводящих желез. Эти амфибии вели активный образ жизни: неплохо плавали и могли охотиться в толще воды, легко выбирались на сушу, где чувствовали себя не менее уверено. Основным объектом питания хрониозухий были рыбы, но при случае они нападали и на четвероногих подходящего размера.

Живое существо встречается там, где условия, необходимые для жизни, не вступают в противоречие со всей совокупностью факторов среды. Реконструирование образа жизни и адаптации жизненных форм для тетрапод позднего палеозоя предпринималось неоднократно. В любом случае, анализ адаптаций тетрапод существенно дополняет представления о фауне и позволяет провести реконструкцию конкретных сообществ, закономерностей смен элементов фаунистических комплексов в истории Вятского края (Хлюпин, 2000 и др.).

Суммируя итоги и реконструкции возможного образа жизни Котельничского субкомплекса тетрапод верхней перми, можно видеть, что среди рептилий чаще встречаются остатки тероморфов. В трофических цепях выделяются гидробионты, амфибионты и террабионты. К группе гидробионты относятся либо постоянноводные животные, либо наземные гидрофилы, которые размножались на суше, а питались в воде. Амфибионты играли важную роль в трофических цепях водоёмов и прибрежных биотопов суши: амфибии проходили личиночную стадию в воде и питались на суше; наземные тетраподы питались в воде. Террабионты – с преимущественно или исключительно участием в наземных пищевых цепях.

Существовало много живых существ, в достаточной мере приспособленных к присущей им – как виду, окружающей среде и формирования Соколковского фаунистического комплекса в начальной стадии (Котельничский субкомплекс) отражает кардинальную перестройку сообществ (Ивахненко, 2001). Но фактором исчезновения большинства животных на рубеже палеозоя и мезозоя стала резкая аридизация климата и наиболее чувствительными к этому оказались гидробионты и амфибионты, с их высокой чувствительностью к гидрорежиму территории.

Ещё раз, обозревая разнообразие котельничской фауны, мы отмечаем её многочисленность и многообразие. На данный момент открыто 17 новых видов животных и каждый год обнаруживают новые, неизвестные науке виды ископаемых животных. А что спрятано в глубинах недр, предстоит ещё выяснить…

Литература

Ивахненко М. Ф. Тетраподы Восточно-Европейского плаката – позднепалеозойского территориального комплекса. Пермь, 2001. С. 200.

ПАЛЕОСТРАТ-2009. Годичное собрание секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества. Программа и тезисы докладов. Алексеев А.С. (ред.). М.: Палеонтологический ин-т им. А. А. Борисяка РАН, 2009. 49 с.

Сенников А. Г., Голубев В. К. Глобальный экологический кризис на рубеже палеозоя и мезозоя был наиболее масштабным в истории жизни на Земле // Эволюция органического мира и биотические кризисы. Материалы LVI сессии Палеонтологического общества при РАН (5–9 апреля 2010 г.) СПб., 2010. С. 131–134.

Хлюпин А. Ю., Коффа А. А., Лаломов А. В., Наугольных С. В. Парк пермского периода на Вятской земле. Киров: Изд-во Кировская областная типография, 2000. С. 55 с.

Benton M. J. et al. Preservation of exteptional vertebrate assemblages in Middle Permian fluviolacustrine mudstounes of Kotelnich? Russia: stratygraphy sedymentology, and taphonomy / M. J. Benton, A. J. Newell, A. Yu. Khlupin, I. S. Shumov, G. D., Price, A. A. Kurkin // Paleogeography, Paleoeclimatology, Paleoecology 2012 doi 10/1016/j.paleo.

ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ВЯТСКО-КАМСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ (ПО ФАУНЕ КРУПНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ)

В. В. Масютин

Вятский государственный гуманитарный университет,
Вятский палеонтологический музей, masutka11@yandex.ru

Территория Вятско-Камского Предуралья охвачена палеонтологическими исследованиями крайне неоднородно. Одной из малоизученных территории является и Кировская область, которая входит в северо-восточную формацию Русской равнины.

К настоящему времени в музеях накоплен богатый материал по ископаемым млекопитающим позднего плейстоцена. Начато изучение отдельных коллекций, сделаны попытки отразить видовой и количественный состав мегафауны плейстоцена, поставлены привязки на карте места находок (Жуйкова, Масютин, 2013). Но для полномасштабного восстановления особенностей палеоэкологической реконструкции и природной среды квартера необходимо иметь чёткие хронологические привязки местонахождений ископаемой фауны. За неимением датированных по С14 фоссилий, в основе реконструкции природной обстановки нами были взяты палинологические (Пахомов и др., 2008) и палеофаунистические данные.

Верхние плейстоценовые отложения области, весьма различные как по составу, так и по происхождению, образуют микулинский межледниковый горизонт (110-70 тыс. лет назад) и валдайский ледниковый комплекс (70–15 тыс.

лет назад) с межледниковьем в интервале времени 50–25 тыс. лет назад (Энциклопедия …, 1997.).

Микулинская межледниковая эпоха была очень тёплой. Согласно палеоботаническим материалам (разрез Чёрная Холуница, Суводи), она содержала теплолюбивую флору, в которой преобладали хвойно-широколиственные леса с елью, сосной, пихтой, липой, вязом, грабом. Низкое содержание пыльцы деревьев и кустарников свидетельствует о том, что в валдайское оледенение был перигляциональный ланшафт и травянистые сообщества сочетались с сосново-берёзовыми редколесьями и ерниковыми кустарниковыми формациями. Основные черты перигляциальных ландшафтов – существование низких температур и вечной мерзлоты при значительной сухости климата. В позднем валдае было особенно холодно, установился климат, близкий к арктическому и субарктическому. Среднегодовые температуры были ниже современных на 8–10 градусов, а среднеянварские на 15-20 градусов. Антициклональная обстановка перигляциальной зоны обусловила уменьшение годовой суммы осадков до 200–300 мм. В условиях сухости и холода происходило смешение фауны и флоры (Иванова, 1973). В дунаевский (брянский) мегаинтерстадиал было найдено относительно тёплая флора (разрез Боровица, 2, 37 тыс. лет назад) со спектрами соснового с берёзой леса, а также элементы холодолюбивой флоры.

Наиболее характерная черта позднеплейстоценовой фауны млекопитающих – наличие в ее составе мамонта, шерстистого носорога, бизона, зубра, большерогого и северного оленя, овцебыка, лошади. Широкая приледниковая кайма достигала несколько сот километров. Для этой зоны был характерен своеобразный климат (достаточно тепло и сухо летом, морозно и малоснежно зимой). Происходило перекрывание ареалов, обусловленное несколькими причинами, главная из которых связана с миграциями животных. По характеру составляющих компонентов – это тундрово-степная ассоциация с примесью лесных форм, сформировавшаяся в процессе миграций, вызванных изменениями климата. Одновременное присутствие на одной и той же территории животных, характерных в настоящее время для различных ландшафтных зон, позволяет называть такую фауну «смешанной».

Видовой состав, плотность популяций и морфологические адаптации животных мамонтовой фауны позволяют моделировать экологические условия ландшафтов, в которых они существовали. Обязательным условием большого видового разнообразия и относительно высокой численности в позднем плейстоцене крупных фитофагов, должна была быть достаточно высокая первичная биологическая продуктивность, способная «прокормить» этих животных, а также значительная биотическая гетерогенность ландшафтов, существенно превышающая таковую во всех типах современных ландшафтов (тундрах, лесах, степях и др.). Л. И. Алексеева (1971), Н. К. Верещагин (1977) в качестве аналога плейстоценовой фауны Северной Евразии рассматривает териофауну саванн современной тропической Африки. Реконструируя средопреобразующее воздействие мамонтов на растительный покров конца плейстоцена, авторы сопоставляют их с современными слонами. Вымершие мамонты, как и современные слоны, в процессе питания уничтожали подрост деревьев и кустарники, а

также взрослые деревья в лесу, уплотняли, рыхлили и удобряли почву. В результате создавались и поддерживались открытые травяные участки – зоогенные поляны с подростом деревьев и кустарниками. Богатая травянистая и древесная растительность этих полян обеспечивала кормом лошадей, бизонов, большерогих оленей и прочих фитофагов. Зимой мамонты, утаптывая снег, продавливая настовые корки и повреждая деревья, облегчали другим животным-фитофагам передвижение и добывание корма. Такая мозаичная структура биоценотического покрова позволяла обитателям открытых пространств существовать совместно с сугубо лесными и с экотонными видами. Кроме того, растительноядные гиганты способствовали расселению древесной растительности. Перемещаясь на большие расстояния, хоботные, лошади, бизоны и другие животные разносили на шерсти и в пищеварительном тракте семена растений. Селективное воздействие выпаса и неравномерность вытаптывания, неодинаковое воздействие разных фитофагов определяли формирование растительных сообществ, что повышало продуктивность и усиливало их мозаичность. Разнообразие ископаемых млекопитающих и многочисленность отдельных видов позволяют предположить показатели фитопродуктивности степных палеоландшафтов в пределах 100 ц/га в год. Такой показатель фитопродуктивности характерен для луговых степей умеренного пояса (Громов и др., 1965)

При рассмотрении видового состава млекопитающих, найденных на территории Кировской области, выявляются обитатели различных современных экологических групп животных: тундровые (северный олень, овцебык), степные (лошадь), лесные (зубр, косуля, лось). Эврибиотная группа самая многообразная, она обладала широкой экологической валенностью и могла обитать как на открытых пространствах (тундра, степь), так и в полузакрытых биотопах (лесостепь). К ним относят мамонтов, шерстистых носорогов, бизонов, большерогих оленей, пещерных львов (Пахомов, 2009)

Плейстоценовая мегафауна Вятского края включает 14 видов крупных млекопитающих из отрядов: хищных, хоботных, непарнокопытных – носороги и лошади, парнокопытные – бизон, овцебык и оленьи. Видовое многообразие мегафауны плейстоцена по наличию костных останков следующее: 46% принадлежит представителям отряда Хоботные, 35% костных останков принадлежит представителям отряда Непарнокопытные, из которых 30% – шерстистому носорогу, остальные 5% – лошади. 17% всех идентифицированных по видам костных останков принадлежит представителям отряда Парнокопытные, в том числе 13% относящиеся к семейству Полорогие (бизон и зубр, овцебык), к семейству Оленьи – лось 1%, олень большерогий 0,5%, олень северный 2%, косуля 0,5%. Представителям отряда Хищные 2% (медведь 1% и лев пещерный 1%).

Можно ли сказать, что мамонтовая фауна вымерла? Да, в начале голоцена (10-8 тыс.л.н.) вымерли мамонты, шерстистый носорог, пещерный лев, но не вся мамонтовая фауна имела тенденцию к вымиранию. Большинство видов крупных млекопитающих смогли пережить позднеплейстоценовые преобразования и сохранились в составе современной фауны. Северные олени акклиматизировались в полосе тундр и лесотундр. Благородные олени, лоси, косули, бурые медведи расселились в лесной части умеренной зоны. Овцебыки отошли

далеко на север, в условия пустынной Арктики. Зубры – переселились на новые территории, в новую ландшафтную зону, покинув прежнее ядро ареала.

В конце последнего оледенения под влиянием ряда факторов естественного отбора многие животные оказались в стадии предельного равновесия со средой, тогда возросло значение кратковременных внезапных изменений, способных вызвать коренную перестройку цепи взаимосвязанных экосистем. Но совместное действие природных и антропогенных факторов оказало глубокое влияние на мегафауну и не все смогли пережить этот удар судьбы.

Литература

Алексеева Л. И. Териофауна раннего антропогена Восточной Европы (крупные млекопитающие). М.: Наука, 1989. 109 с.

Верещагин Н. К. Охоты первобытного человека и вымирание плейстоценовых млекопитающих в СССР // Материалы по фаунам антропогена СССР. Труды Зоологического Института АН СССР. Ленинград: Наука, 1971.-Т. 49. С. 123–199.

Громов В. И., Алексеева М. Н., Вангейм Э. А. и др. Схема корреляции антропогеновых отложений Северной Евразии // Корреляция антропогеновых отложений Северной Евразии. М.: Наука, 1965. С. 5–33.

Иванова Н. Г. Опыт датирования аллювиальных отложений р. Вятки и реконструкция растительности по палинофлористическим данным // Палинология плейстоцена и плиоцена. М.: Наука, 1973. С. 65–70.

Жуйкова И. А., Масютин В. В.Состав фаунистического комплекса мегафауны Вятско-Камского Приуралья и его значение для палеогеографических реконструкций // Фундаментальные проблемы кватера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы IX Всерос. совещания по изучению четвертичного периода. Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 158–159.

Пахомов М. М. Компоненты природы и эволюция ландшафтов Северной Евразии в кайнозое. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2009. 287 с.

Пахомов М. М., Жуйкова И. А., Прокашев А. М. Современное состояние, антропогенная трансформация и эволюция ландшафтов востока Русской равнины и Урала в позднемкайназое: материалы межрегионал. конф. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2008. 327 с.

Энциклопедия земли Вятской. Т. 7. Природа. Киров: Вятка, 1997. 607 с.

СЕКЦИЯ 3
ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В СЕВЕРОТАЕЖНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ

Н. Н. Шергина [1, 2], А. Д. Филатов [1, 2], Ю. В. Холопов [1], Е. М. Лаптева [1]
[1] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
[2] Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
ninas40@rambler.ru

На территории европейского северо-востока России основную роль среди наземных экосистем играют хвойные леса. В северотаежных лесах комплексы почвенных микроорганизмов функционируют в условиях выраженного недостатка тепла и переувлажнения почвенного профиля. Это оказывает соответствующее влияние на активность микроорганизмов, участвующих в процессах разложения растительного опада (Виноградова и др., 2014).

Цель данной работы заключалась в изучении структуры сообществ почвенных микроорганизмов, формирующихся в северотаежных сосновых лесах.

Исследования проводили на территории Республики Коми (Печорский р-н, северная тайга). Объектом исследования послужили почвы ключевых участков, заложенных в сосняке чернично-зеленомошном (*Счз*) и сосняке багульниково-сфагновом (*Сбс*). Почвы ключевых участков существенно отличаются по своим морфологическим свойствам и гидротермическому режиму. В сосняке чернично-зеленомошном почвенный покров представлен подзолами иллювиально-железистым глубоко глееватым, в сосняке багульниково-сфагновом – торфяно-подзолами иллювиально-гумусовыми. Почвы ключевых участков отличаются по мощности органогенных горизонтов: лесная подстилка (гор.О) подзола иллювиально-железистого имеет мощность 6–8 см, торфяно-подзола – 13–16 см. В рассмотренном ряду сосняков *Счз* → *Сбс* отмечается нарастание процессов оглеения нижней части профиля почв за счет грунтового увлажнения. Физико-химические свойства исследованных почв достаточно близки по величинам кислотности среды и содержанию обменных оснований и отражают их типовую принадлежность (Атлас почв, 2010).

При проведении полевых исследований использовали общепринятые методы почвоведения и почвенной микробиологии. Пробы почв для изучения состава микробиоты отбирали в соответствии с генетическими горизонтами в июле 2012 г. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ) определяли методом посева почвенных суспензий на элективные среды – мясо-пептонный (МПА), крахмало-аммиачный (КАА), голодный (ГА) агары и среду Эшби (Методы почвенной…, 1991). На основании полученных данных

рассчитывали коэффициенты биоразнообразия (индекс Симпсона, Шеннона), иммобилизации, минерализации и индекс олиготрофности Аристовской (Титова, Козлов, 2012), которые использовали для оценки активности протекающих микробиологических процессов.

Как показали проведенные исследования, численность микроорганизмов в профиле рассмотренных почв сосновых лесов варьирует в широких пределах: на ключевом участке *Счз* – от $9{,}0 \cdot 10^3$ до $2{,}1 \cdot 10^8$ КОЕ/г.а.с.п., на участке *Сбс* – от $3{,}9 \cdot 10^5$ до $1{,}4 \cdot 10^9$ КОЕ/ г.а.с.п. При этом общее количество микроорганизмов в органогенном горизонте торфяно-подзола, формирующегося под пологом соснового багульниково-сфагнового леса, на 2-3 порядка выше, чем в аналогичном горизонте подзола иллювиально-железистого в сосняке чернично-зеленомошном, в минеральных горизонтах – на 1-2 порядка. В профиле подзола иллювиально-железистого наблюдается резкое снижение с глубиной суммарной численности микроорганизмов, что в принципе характерно почв таежных экосистем (Стольникова, Ананьева и др., 2001). Однако в профиле торфяно-подзола, формирующегося под пологом заболоченного соснового леса (*Сбс*) отмечено высокое содержание микроорганизмов не только в органогенном горизонте, но и в срединном иллювиально-гумусовом горизонте BFH ($1{,}4 \cdot 10^8$ КОЕ/г а.с.п.) и в нижней части профиля – в горизонте BCg ($0{,}7 \cdot 10^8$ КОЕ/г а.с.п.), испытывающем влияние каймы почвенно-грунтовых вод. Более высокая численность микроорганизмов в почве сосняка багульниково-сфагнового, по сравнению подзолом иллювиально-железистым, обусловлена спецификой гидротермического режима подзолов, для которых характерен дефицит влаги в летний период и, соответственно, ухудшение условий функционирования в этот период почвенных микроорганизмов.

Соотношение ЭТГМ в профилях исследованных почв четко маркирует различия в экологических условиях, складывающихся в различных почвенных горизонтах (рис. 1). Несмотря на разницу в условиях почвообразования и различия в численности микроорганизмов, в срединной части профиля рассмотренных нами почв отмечено выраженное доминирование микроорганизмов, ассимилирующих минеральные формы азота. В верхних органогенных горизонтах достаточно высока доля аммонификаторов. Их роль также возрастает в нижних оглеенных горизонтах, на формирование которых оказывает значимое влияние уровень залегания почвенно-грунтовых вод.

Следует отметить, что в горизонтах, характеризующихся повышенной влажностью (глеевые горизонты, а также подзолистый горизонт почвы *Счз*) отмечено возрастание доли олигонитрофилов. Увеличение их численности является показателем низкой концентрации ионов аммония в почвенном растворе, что может обусловливать активизацию процессов разложения диазотрофами азотистых компонентов гумусовых кислот в этих горизонтах.

При оценке активности микробиологических процессов рассчитывают коэффициенты минерализации и индексы олиготрофности (Титова, Козлов, 2012). Как показали проведенные нами расчеты (рис. 2), несмотря на то, что численность аммонификаторов и минерализаторов азота высока в верхней части профиля почв исследованных фитоценозов, их активность в связывании

минеральных форм азота проявляется только на глубине 20–50 см (торфяно-подзол иллювиально-гумусовый) и 40–80 см (подзол иллювиально-железистый). При этом минерализационные процессы более активно протекают в почве участка *Счз*, по сравнению с почвой участка *Сбс* (рис. 2). Активность олиготрофной части почвенного микробоценоза в сосновых северотаежных лесах незначительна и увеличивается с возрастанием уровнем увлажнения почв.

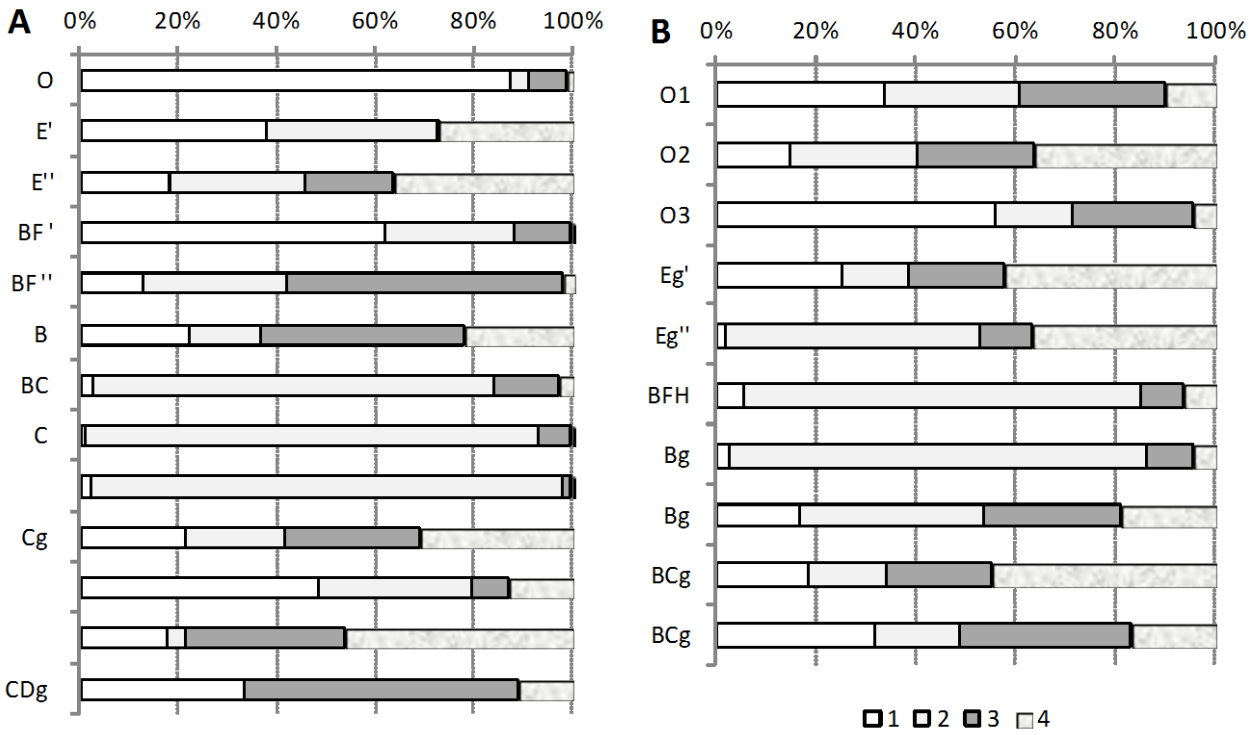
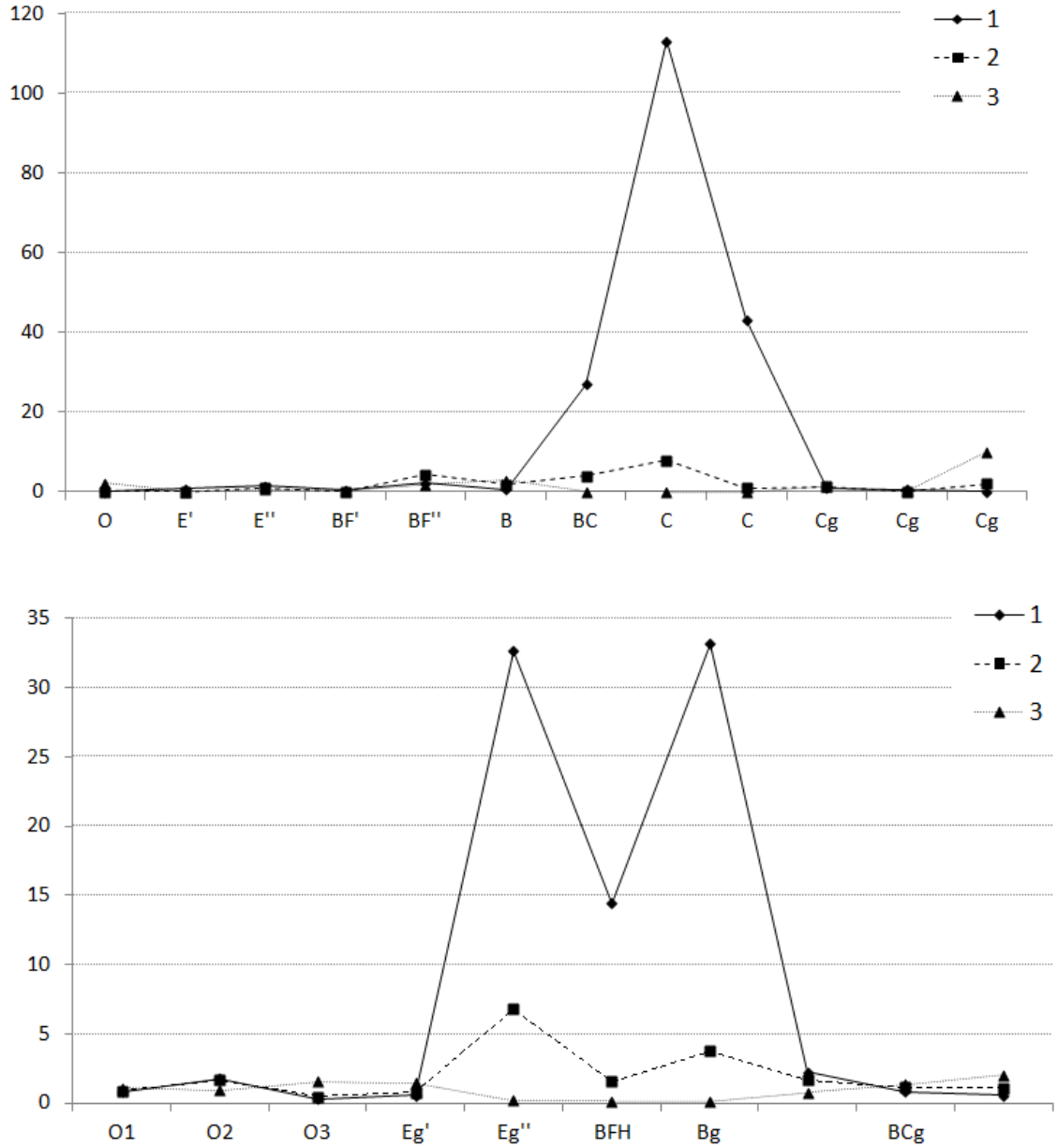


Рис. 1. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в почве сосняка чернично-зеленомошного (А) и сосняка багульниково-сфагнового (В): 1 – аммонификаторы; 2 – микроорганизмы, утилизирующие минеральные формы азота; 3 – олиготрофы; 4 – олигонитрофилы

При характеристике микробных сообществ определенную информацию об их разнообразии дают такие расчетные индексы, как индексы биоразнообразия Шеннона и Симпсона. Использование индекса Симпсона при анализе данных по численности ЭТГМ позволило выявить несколько зон в профиле почв, формирующихся в различающихся по условиям увлажнения сосновых лесах северной тайги (рис. 3). В частности, в почве сосняка чернично-зеленомошного, меньшим разнообразием микроорганизмов отличаются горизонты лесной подстилки О и зоны перехода от иллювиального горизонта В к материнской породе С. Это связано с преимущественным развитием в горизонте лесной подстилки аммонификаторов, а срединной части профиля – микроорганизмов, утилизирующих минеральные формы азота (рис. 1). В остальных горизонтах более высокие показатели индекса Симпсона связаны с относительно равной представленностью всех учтенных эколого-трофических групп микроорганизмов. В почве сосняка багульниково-зеленомошного верхняя часть профиля, включая органогенный и подзолистый горизонты, образует зону с относительно высоким разнообразием микроорганизмов, срединные горизонты BFH и В – зону, где раз-

нообразие микробных сообществ снижается, нижняя часть профиля – зону, где разнообразие микроорганизмов снова возрастает. Такая картина в смене разнообразия почвенных микробных сообществ по генетическим горизонтам обусловлена, в первую очередь, особенностями распределения доступного для микроорганизмов почвенного органического вещества и влаги, необходимой для их активного функционирования.

A



B

Рис. 2. Профильное изменение активности микробиологических процессов в почвах сосняков чернично-зеленомошного (А) и багульниково-сфагнового (В): 1 – коэффициент минерализации (отношение микроорганизмов, растущих на КАА/МПА); 2, 3 – индексы олиготрофности (соответственно ГА/МПА и ГА/КАА)

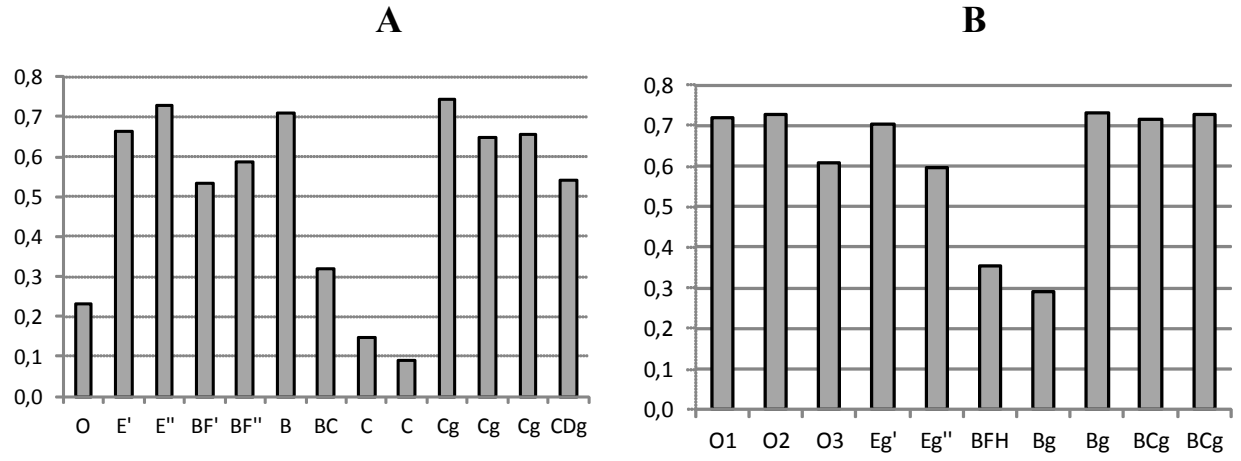


Рис. 3. Профильное изменение индекса биологического разнообразия Симпсона в почвах сосновых чернично-зеленомошных (А) и багульниково-сфагновых (В) лесов

Различия в доминировании ЭТГМ, составляющих структуру микробных сообществ органогенных горизонтов рассмотренных нами почв, отражают специфику напочвенного покрова ключевых участков и растительного материала, включающегося в процессы минерализации и гумификации. Выявленные доминантные группировки в средней части профиля почв, формирующихся в сосняках чернично-зеленомошном и багульниково-сфагновом определяют процессы трансформации и преобразования веществ в иллювиальных горизонтах. В почве ключевого участка *Счз* отмечена высокая степень иммобилизационных процессов, связанных с разложением органических веществ аммонификаторами и минерализаторами. В почве ключевого участка *Сбс,* несмотря на складывающиеся здесь в летний период 2012 г. более благоприятные для жизнедеятельности микроорганизмов условия по уровню увлажнения, выявлена активизация олиготрофной микробиоты, развивающейся в условиях минимального количества питательных веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата».

Литература

Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г. В. Добровольского, И. В. Забоевой, А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2010. 356 с.

Виноградова Ю. А., Лаптева Е. А., Шергина Н. Н., Холопов Ю. В. Структура и функциональные характеристики почвенной микробиоты северотаежных еловых лесов европейского северо-востока // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы Всерос. науч. конф. М., 2014. С. 175–177.

Леса Республики Коми / Г. М. Козубов, А. И. Таскаев и др. М.: Издательско-продюсерский центр «Дизайн. Информация. Картография», 1999. 332 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

Стольникова Е. В., Ананьева Н. Д., Чернова О.В. Микробная биомасса, ее активность и структура в почвах старовозрастных лесов Европейской территории России // Почвоведение, 2001. № 4. С. 479–494.

Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Нижний Новгород, 2012. 64 с.

ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕССА КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ПОЧВЕННЫЕ МИКРОБОЦЕНОЗЫ

Т. В. Кузнецова, А. М. Петров, Р. Р. Шагидуллин

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, kuznetsovatatyan@mail.ru

Длительное техногенное воздействие крупных промышленных комплексов приводит к усилению антропогенного «пресса» на прилегающие к ним территории, способствует появлению очагов экологического неблагополучия, что требует периодического контроля за состоянием природных биоценозов, корректировки мероприятий направленных на снижение воздействия на окружающую среду.

В настоящее время исследованию состояния объектов окружающей среды урбанизированных и сопредельных к ним территорий и оценке их экологического состояния уделяется большое внимание (Попов, 2000; Строганова, 2005; Горбов, 2002; Никитина, 1988). Важное место в таких исследованиях занимает изучение почв и почвенного покрова.

В силу разнокачественности антропогенных воздействий на почвы городов и промышленных зон (рекреация, загрязнение, перемешивание, скальпирование) диагностика степени их нарушенности возможна только по интегральным показателям.

Установлено, что самым чувствительным индикатором состояния любой почвенной экосистемы, подверженной техногенной нагрузке является микробиота, которая чутко реагирует на изменение условий обитания. Показатели микробиологической активности могут служить диагностическими признаками, позволяющими обнаружить негативные изменения уже на начальных этапах воздействия (Петров и др., 2014). Эта особенность делает их крайне привлекательными, как для целей мониторинга, так и для теоретического обоснования устойчивости различных почв к антропогенным воздействиям.

Первичной ответной реакцией почвенного биоценоза на любое воздействие является изменение интенсивности процессов биодеструкции органического субстрата почв, которая коррелятивно связана с развитием и активностью всей совокупности почвенных сапрофитных микроорганизмов. Именно по изменению общей численности сапрофитных представителей почвенной микрофлоры, количеству целлюлозоразрушающих микроорганизмов, можно судить об уровне антропогенного воздействия, нарушенности почвенного микробоценоза.

Город Нижнекамск – один из крупных городов Республики Татарстан площадью 63,5 км^2, с населением – свыше 235 тыс. человек.

Нижнекамский промышленный комплекс является одним из наиболее крупных центров нефтехимической, нефтеперерабатывающей и энергогенерирующей промышленности Российской Федерации (ПАО «Нижнекамскнефтехим» ОАО «Нижнекамскшина» ОАО «ТАИФ-НК» ОАО «ТАНЕКО», ООО «Нижнекамская ТЭЦ» и др.), которые и являются главными источниками воздействия на окружающую среду.

Целью исследования явилось изучение микробиологического состава почв г. Нижнекамска и прилегающих к Нижнекамскому промышленному центру земель.

Объектами исследования являлись урбаноземы, урботехноземы, светло-серые лесные, серые лесные, темно-серые лесные и дерново-карбонатные выщелоченные и дерново-карбонатные оподзоленные почвы.

Для выделения и учета исследуемых групп микроорганизмов использовали метод посева на агаризованные питательные среды. Численность выражали в КОЕ/г почвы (Практикум по микробиологии, 2005). В ходе исследований определяли общую численность и видовое разнообразие сапротрофных микроорганизмов (ОМЧ) и численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов на среде Гетчинсона. При анализе сапротрофов в каждом образце, выявляли доминанты, субдоминанты, редко встречающиеся виды.

Микробиологический анализ проб, отобранных при обследовании территории, прилегающей к Нижнекамскому промышленному узлу, позволил определить интервал варьирования содержания микроорганизмов в почвах, определить их средние значения (табл.).

Таблица

Содержание микроорганизмов в почвах территории прилегающей к Нижнекамскому промышленному узлу

Показатели	Значения (КОЕ/г асп *10^{-5})		
	средние	max	min
ОМЧ	848	3170	160
Целлюлозоразрушающие микроорганизмы	2,91	5,6	0,2

Сопоставление полученных при обследовании средних значений ОМЧ с фоновыми для республики (Петров и др., 2011), показало, что они незначительно отличаются друг от друга. В ходе обследования выявлено повышенное среднее содержание целлюлозоразрушающих микроорганизмов, что является положительным фактором, характеризующим активное разрушение клетчатки при отсутствии ингибирующего действия компонентов почв на данную группу микроорганизмов.

В тоже время, интервал анализируемых параметров указывает на наличие почвенных объектов, находящимся под воздействием неблагоприятных факторов. Вероятно, загрязненность оказывает стимулирующий эффект на микрофлору урбанотехноземов.

Высокое содержание сапрофитной микрофлоры отмечено в районе, расположенном в 2–3 км юго-западнее и на территории непосредственно прилегающей к нефтехимическому комплексу. Наличие ареалов, в которых проявлялось бы токсическое действие воздушных выбросов на целлюлозоразрушающие микроорганизмы не зарегистрировано.

Таким образом, при анализе показателей микробиологической активности почв исследуемых урболандшафтов установлено, что численность исследуемых физиологических групп микроорганизмов в почвах разных зон, прилегающих к Нижнекамскому промышленному центру, варьирует незначительно.

В целом, выявленные различия в экологическом состоянии почвенных микробиоценозов функциональных зон прилегающих к городу Нижнекамску указывают на незначительный антропогенного воздействие Нижнекамского промышленного центра на прилегающую территорию.

Литература

Строганова Л. Н. Оценка антропогенной трансформации почв урбанизированных территорий // 9-ая Междунар. Пущинская конф.: Тез. докл. ML, 2005. С. 84.

Попов О. К. Влияние промышленно развитого города на загрязнение его пригородной зоны // Экология и промышленность России. 2000. № 5. С. 24–26.

Никитина З. И. Динамические аспекты антропогенной экологии микроорганизмов // Биодинамика почв: Тезисы докл. III Всесоюзный симпозиум. М., 1988. С. 10.

Егоров Н. С. Практикум по микробиологии. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1976.

Горбов С. Н. Почвы урболандшафтов г. Ростова-на-Дону, их экологическое состояние и оценка загрязнения: Дис. … канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2002. 162 с.

Петров А. М., Зайнулгабидинов Э. Р., Сунгатуллина Л. М., Шагидуллин Р. Р., Иванов Д. В., Тарасов О. Ю., Григорьян Б. Р. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах Республики Татарстан для земель сельскохозяйственного назначения // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 23. С. 129–136.

Петров А. М., Каримуллин Л. К., Кузнецова Т. В., Вершинин А. А., Хабибуллин Р. Э. Влияние остаточного содержания нефтепродуктов на состав и активность почвенного микробного сообщества // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 23. С. 356–359.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВОГО СОСТАВА АЛЬГОФЛОРЫ ПОЙМЕННЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ГПЗ «НУРГУШ»

О. С. Пирогова [1], Л. В. Кондакова [1, 2]

[1] Вятский государственный гуманитарный университет,

[2] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

karabarsic@mail.ru

Изучение альгофлоры заповедных территорий является актуальным и представляет научный и практический интерес как с точки зрения изучения биоразнообразия, так и материала для сравнительной оценки техногенной нагрузки на природные экосистемы.

Целью исследования являлось изучение динамики видового состава ичисленности почвенных водорослей и ЦБ пойменных биогеоценозов заповедника «Нургуш».

Пойменные биогеоценозы заповедника представлены лугами и широколиственными лесами. Почвенные пробы отбирались в 2013 г. с июля по ноябрь из 7 биогеоценозов заповедника. Видовой состав водорослей и ЦБ определяли методом чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы (Штина, Голлербах, 1976). Численность клеток определяли методом прямого микроскопирования на мазках (Домрачева, 2005).

В изученных пробах было обнаружено 83 вида почвенных водорослей и ЦБ, в том числе: Cyanobacteria – 26 видов (31%), Chlorophyta – 31 (37%), Bacillariophyta – 15 (18%), Xanthophyta – 9 (11%), Eustigmatophyta – 2 вида (3%).

Количественные показатели видового состава альгофлоры пойменных биогеоценозов представлены в таблице, показатели численности отражены на рисунке.

Таблица

Количественные показатели видового составаальгофлоры пойменных биогеоценозовГПЗ «Нургуш»

Тип фито-ценоза	Лето						Осень					
	Cyanobacteria	Chlorophyta	Bacillariophyta	Xanthophyta	Eustigmatophyta	Всего видов в фи-тоце-нозе	Cyanobacteria	Chlorophyta	Bacillariophyta	Xanthophyta	Eustigmatophyta	Всего видов в фи-тоце-нозе
1	12	17	6	5	2	42	16	12	10	2	1	41
2	10	15	4	7	2	38	13	10	8	4	0	35
3	9	11	5	3	1	29	12	7	6	1	1	27
4	10	16	6	6	2	40	14	12	8	4	1	39
5	9	13	3	4	1	30	14	10	8	3	1	36
6	16	9	5	3	0	33	19	6	7	2	0	34
7	6	16	5	5	1	32	9	21	8	4	1	43
Всего видов	26	30	11	9	2	78	26	26	15	8	2	77

Примечание: 1 – разнотравно-злаковый луг; 2 – злаково-разнотравный луг; 3 – липовый лес; 4 – дубовый лес; 5 – осиновый лес; 6 – ивняк; 7 – сосновый лес

Видовое разнообразие луговых биоценозов (почва аллювиальная дерновая суглинистая на современном аллювии) в летний период было представлено 42 и 38 видами, преобладали зелёные водоросли (*Chlorococcum sp*., *Stichococcus bacillaris)* и цианобактерии (ЦБ) (*Phormidium autumnale*, *Leptolyngbya angustissima)*. К осени общее видовое разнообразие альгофлоры луговых фитоценозов почти не изменилось(41 и 35 видов), но увеличилось число видов ЦБ и диатомовых водорослей. По числу клеток в летний и осенний периоды доминировали ЦБ (рис.).

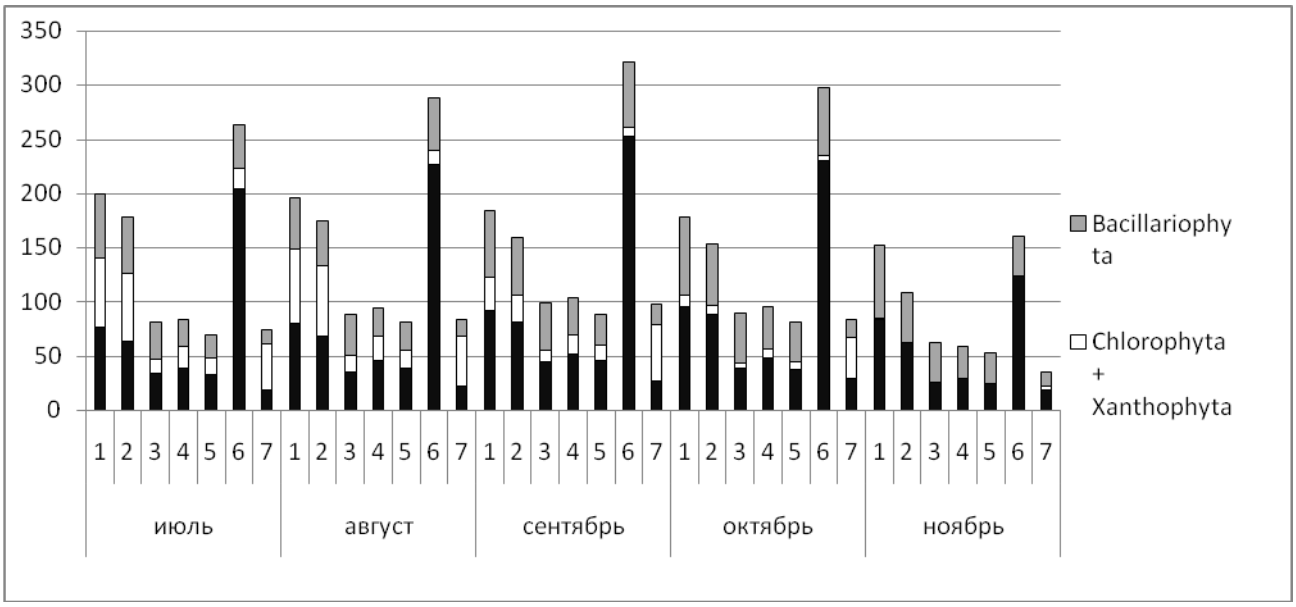


Рис. Сезонная динамика численности почвенных водорослей и ЦБ пойменных биогеоценозов заповедника «Нургуш»

Примечание: 1 – разнотравно-злаковый луг; 2 – злаково-разнотравный луг; 3 – липовый лес; 4 - дубовый лес; 5 – осиновый лес; 6 – ивняк; 7 – сосновый лес.

В фитоценозах дубового, липового и осинового леса (почва аллювиальная дерновая суглинистая на современном аллювии) наибольшее видовое разнообразие представлено 29–40 видами летом и 27–39 осенью. В летний период доминировали зелёные и жёлтозелёные водоросли: *Coccomyxa dispar, Chlorella vulgaris, Klebsormidium nitens, Gongrosira debaryana, Xanthonema exile*, осенью – ЦБ: *Plectonemasp*., *Phormidium breve*, *Phormidium molle*, *Leptolyngbya angustissima, Nostoc paludosum* и диатомовые водоросли: *Pinnularia intermedia*, *Nitzschia palea, Navicula pelliculosa*.

Альгофлора ивовых зарослей у берега реки Вятки(почва аллювиальная дерновая) значительно отличалась от других фитоценозов. Видовое разнообразие летом было представлено 33 видами почвенных водорослей и ЦБ и 34 осенью. ЦБ составляли более половины общего видового разнообразия (табл.). Доминировали представители родов *Phormidium* и *Leptolyngbya*. К осени увеличилось число видов диатомовых водорослей, преобладали *Nitzschia palea*, *Navicula pelliculosa*. В данном биогеоценозе, по сравнению с другими, отмечена самая высокая численность водорослей и ЦБ – до 322 тыс. клеток в 1 г. почвы, что почти в 10 раз превышает численность альгофлрыдругих фитоценозов. Максимум численности клеток водорослей и ЦБ отмечен в сентябре.

Изучена альгофлора соснового леса, расположенного на первой боровой террасе р. Вятки. Почва дерново-песчаная на древнем аллювии. Летом видовое разнообразие составило 32 вида почвенных водорослей и ЦБ, из которых 16 видов были представлены зелёными водорослями. Доминировали представители родов *Chlamydomonas* и *Klebsormidium*. К началу осени видовое разнообразие зелёных водорослей увеличилось, особенно представителей рода *Chlamydomonas*. Увеличилось число видов ЦБ. По количественным показате-

лям в данном биогеоценозе преобладали зелёные водоросли. Их максимум приходился на сентябрь и составлял 52 тыс. клеток в 1 г. почвы. ЦБ дают численность от 19 до 29 тыс. клеток в 1 г. почвы с наибольшими показателями в октябре.

Таким образом, сезонная динамика видового состава альгофлоры пойменных биогеоценозов ГПЗ «Нургуш» соответствует классической схеме развития водорослей природных экосистем, не подвергнутых техногенному воздействию. По видовому составу в лесных и луговых фитоценозах летом преобладают зелёные и жёлтозелёные водоросли, постепенно снижая численность клеток ивидовые показатели к ноябрю. Видовое разнообразие и количественные показатели ЦБ и диатомовых водорослей к осени, наоборот, увеличиваются. Ивовый фитоценоз, расположенный на берегу р. Вятки, отличался высокими показателями численности ЦБ.

Литература

Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005.

АЛЬГОФЛОРА ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР В РАЙОНЕ г. КИРОВО-ЧЕПЕЦКА

Л. В. Кондакова [1, 2]***, Е. В. Дабах*** [1, 2, 3]

[1] *Вятский государственный гуманитарный университет,*

[2] *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

[3] *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

kaf_eco@vshu.kirov.ru

Водоросли – постоянные обитатели водоёмов. В зависимости от глубины и проточности водоёма водоросли развиваются в разных местообитаниях. Будучи фототрофными организмами, они создают органическое вещество, с которого начинаются пищевые цепи в водоёме. Водоросли поедаются микроскопическими животными, те становятся пищей мелких рачков-кормом мальков рыб, а иногда и взрослых особей. Водоросли создают кормовую базу водоёма и обеспечивают его рыбопродуктивность, участвуют в самоочищении воды, стимулируя выделяемым ими кислородом активность бактерий и инфузорий-деструкторов.

Водоросли, обитающие в водной толще, весьма разнообразная и таксономически богатая группа организмов. Их видовой состав и численность находятся в зависимости от концентрации и качественного состава веществ, поступающих в водоёмы. На этом основывается биотестирование и биоиндикация качества воды. Существует специальная шкала сапробности («сапрос» – гнилой), указывающая на отношения разных видов водорослей к органическим загрязнителям. Различают олиго-, мезо- и полисапробные виды.Мезосапробные организмы делят на альфа-мезосапробные и бетамезосапробные, развитие последних свидетельствует о меньшей степени загрязненности водоема.

Целью работы являлось изучение видового состава альгофлоры пойменных озер, расположенных в окрестностях химических предприятий, для экологической оценки их состояния.

Пробы воды из пойменных озер Бобровое-1, Бобровое-2, Березовое, а также из карьера, связанного с оз. Березовым, были отобраны в августе 2014 и 2015 гг. Для изучения фитопланктонаиспользовали отстойный метод: 0,5 л воды помещали в бутылку и фиксировали 2 мл 40% формалина до появления устойчивого запаха. Вода отстаивалась 15–20 дней, планктон в это время осаждался. Воду отсасывали из середины бутылки сифоном, при этом планктон оставался на дне. Видовой состав фитопланктона изучали под микроскопом.

Состояние водоемов зависит от поступления с разгружающимися подземными водами загрязняющих веществ, источниками которых являются хвостохранилища и шламонакопители химических предприятий г. Кирово-Чепецка. Во время весеннего половодья озера и карьер, в той или иной степени, промываются, но в течение года граница высоких концентраций солей постепенно поднимается к поверхности. Уровень концентрации солей, среди которых преобладает нитрат аммония, и характер изменения минерализации по глубинам характеризуется электропроводностью воды (табл.).

В изученных пойменных озёрах видовое разнообразие альгофлоры в целом невысокое. Более богатое видовое разнообразие выявлено в озёрах Бобровое-1 и Бобровое-2 в поверхностном слое воды (0–0,05 м). На глубине 2,5 м концентрация солей резко возрастает в озере Бобровом-1 и почти не изменяется в оз. Бобровое-2. Несмотря на такие различия в минерализации воды и закономерное уменьшение с глубиной видового разнообразия в обеих пробах количество видов водорослей в глубинной пробе из оз. Бобрового-1 оказалось больше, чем в озере Бобровое-2.

Озеро Березовое и карьер соединяются мелководной протокой, обеспечивающей близкий состав воды в верхних слоях водоемов. Концентрация солей в воде с глубиной возрастает, причем более резко – в карьере. При этом в обоих водоемах в течение двух лет отмечался более богатый видовой состав водорослей в пробах, отобранных с глубины 5 м, по сравнению с поверхностными пробами.

Таблица

Видовое разнообразие водорослей в озерах в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса

Место и глубина отбора проб	Электропроводность, mS/см	Отделы				Всего
		Cyanobacteria	Chlorophyta	Bacillariophyta	Другие отделы	
Оз. Берёзовое – 0,05м	2,37	–	8	1	–	9
Оз. Берёзовое – 5 м	23,60	1	8	4	–	13
Карьер за оз. Берёзовым, 0,05 м	2,35	–	2	1	–	3
Карьер за оз. Берёзовым, 5 м	83,90	1	7	2	–	10
Оз. Бобровое-1, 0,05 м	1,91	2	13	3	1	19

Место и глубина отбора проб	Электро-проводность, mS/см	Отделы				Все-го
		Cyano-bacteria	Chlo-rophyta	Bacillari-ophyta	Другие отделы	
Оз. Бобровое-1, 2,5 м	69,30	1	5	1	–	7
Оз. Боровое-2, 0,05 м	0,43	3	10	4	2	19
Оз. Бобровое-2, 2,5 м	0,54	–	3	1	–	4

По количеству видов преобладают одноклеточные и колониальные зелёные водоросли:*Chlorella vulgaris*, виды рода *Chamydomonas, Scenedesmus quadricauda, S. aculeolatum, S. acuminatus*, *Choricystis chodatii, Keratococcus rhaphidioides, K. bicaudatus, Crucigenia quadrata, Pediastrum boryanum* и другие. Не встречены золотистые водоросли, характерные для чистых вод. Мало видов диатомовых водорослей: *Nitzschia acicularis, N. palea, Navicula sp., Pinnularia sp., Tabellaria sp.* Из цианобактерий единично встречены *Aphanizomenon flos-aquae,Oscillatoria limnetica, Oscillatoria sp.*

Преобладают водоросли бета-мезосапробы-индикаторы слабого загрязнения вод: *Aphanizomenon flos-aquae, Coelastrum microporum, Scenedesmus quadricauda, Cladophora glomerata, Pediastrum boryanum*и др. Из видов-индикаторов чистых и слабозагрязнённых вод встречена зеленая водоросль *Hydrodictyon reticulatum.*

Таким образом, в изученных пойменных водоемах доминируют мелкоклеточные зелёные водоросли, что является признаком эвтрофикации. Зелёные водоросли отзывчивы на высокое содержание азота. Отмечено малое видовое разнообразие диатомовых водорослей, не встречены золотистые водоросли – индикаторы чистых вод. Проявляется тенденция к снижению видового разнообразия с глубиной в Бобровых озерах, и увеличению количества видов в глубинных пробах из оз. Березового и карьера. Каких-либо закономерных связей видового разнообразия водорослей с минерализацией воды в водоемах не выявлено.

МИКРОМИЦЕТЫ ПОСТАГРОГЕННОЙ ПОЧВЫ В ТУНДРОВОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

В. А. Ковалева, Ф. М. Хабибуллина
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
kovaleva@ib.komisc.ru

Тундровая зона республики Коми не является традиционно сельскохозяйственным регионом России, но с развитием добывающей промышленности и ростом города Воркута, возникла необходимость создания сельскохозяйственного комплекса. С целью обеспечения кормами животноводческой базы сотрудниками Института биологии Коми НЦ УрО РАН под руководством И. С. Хантимера был разработан и внедрен в практику метод «залужения» – метод создания многолетних сеяных лугов. При сельскохозяйственном использовании тундровых земель были созданы совершенно иные экосистемы – агроэкосисте-

мы, в которых под действием травянистого фитоценоза сформировалась лугово-дерновая почва (Экологические основы…, 1991).

В соответствии с изменением типа экосистемы (изменяется растительность и почва) теряется зональная специфика почвенной микобиоты. Изменяется состав и обилие, в заметных количествах отмечаются более «южные» виды. Микобиота агроэкосистем в условиях Крайнего Севера характеризуется преобладанием представителей родов *Trichoderma, Chaetomium*, *Mucor*; уменьшением в количественном и видовом отношении пенициллов, появлением нехарактерных для тундры видов родов *Aspergillus, Fusarium* (Биологическое разнообразие…, 2005).

После прекращения использования агроэкосистемы начинается самовосстановительная сукцессия, в ходе которой в почве меняется направление и интенсивность физических, химических и микробиологических процессов, имеющих в суровых климатических условиях определенную специфику. Все эти процессы включены в круговорот органического вещества, который связывает все компоненты экосистемы и стабилизирует ее состояние. Для определения направления трансформации органического вещества в почве необходимо иметь данные относительно численности и видового состава грибных сообществ, так как именно грибы играют основную роль в деструкции растительных остатков в наземных экосистемах (Newell and etc., 1992).

Объектом исследования является многолетний сеяный луг, выведенный из сельскохозяйственного использования более 16 лет назад. Сенокосный луг был создан в 1958 г. После обработки тундровой почвы и внесения удобрений были высеяны многолетние травы: лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*) и мятлик луговой (*Poa pratensis*). В 1998 г. сенокосный луг был заброшен.

Исследования состава и структуры фитоценоза, показали, что в последние годы состав травянистого сообщества сохраняется без существенных изменений. Доминантами в фитоценозе по-прежнему являются высеянные виды трав. Однако постепенно идет накопление количественных изменений в травостое, выраженных в усилении его мозаичности – внедрение злаков и разнотравья, образующих синузии. Так как коренной смены растительного сообщества пока не происходит, почва постагрогенной экосистемы сохраняет морфологическое строение, сформировавшееся в предшествующий период развития сеяного луга.

Отбор почвенных образцов для микробиологического анализа проводили в 2010, 2011 и 2014 гг. и осуществляли с учетом стерильности из верхних горизонтов почвы. Численность и видовой состав микромицетов определяли на среде Чапека. Для характеристики структуры комплексов грибов, выявления доминирующих, частых, редких и случайных видов использовали показатель частоты встречаемости (Кураков, 2001). Видовую идентификацию выделенных штаммов проводили по определителям в соответствии с базой данных (http://www.indexfungarum.org) (Domsh, 2007).

В 2010 г. из исследуемой почвы выделено всего 25 видов из 11 родов, включая две формы стерильного мицелия. В таксономическом отношении преобладает группа несовершенных грибов (*Anamorphic fungi*), она представлена 16 видами из 7 родов: *Aspergillus, Fusarium, Geomyces, Penicillium, Trichoderma*

и светлоокрашенный и темноокрашенный Mycelia sterilia. Наиболее богатыми по числу видов были рода *Trichoderma* (7 видов) и *Penicillium* (4 вида), остальные роды представлены одним видом. Из отдела *Zygomycota* выделено 6 видов из 3 родов: *Mortierella, Mucor* и *Umbelopsis.* Среди зигомицетов наибольшее число видов принадлежит роду Mucor (4 вида). Немногочисленны грибы отдела *Ascomycota*, выделено 3 вида из рода *Chaetomium.* Комплекс почвенных микромицетов представлен преобладающим числом редких и случайных видов. Доминирующим видами (частота встречаемости >60%) являются *Geomyces pannorum* и *Mycelia sterilia* светлоокрашенный. К частым видам (частота встречаемости 30–60%) относятся *Fusarium oxysporum*, *Mucor hiemalis* и *Mycelia sterilia* темноокрашенный. *Geomyces pannorum, Mucor hiemalis,* светлоокрашенный и темноокрашенный *Mycelia sterilia* типичные представители тундровых почв, *Fusarium oxysporum* – представитель более южных почв в северных почвах тесно связан с травянистой растительностью (Мирчинк, 1988).

В 2011 г. выявленное разнообразие микромицетов в почве постагроэкосистемы несколько выше. Выделено 29 видов из 13 родов, включая светлоокрашенный стерильный мицелий. Среди анаморфных аскомицетов обнаружено 9 родов, из них роды *Acremonium, Cladosporium* и *Paecilomyces* не были выделены ранее. В этот год отбора проб обнаружено только одна светлоокрашенная форма стерильного мицелия. Из зигомицет наибольшее число видов принадлежит роду *Mucor* (4 вида), род *Mortierella* представлен 3 видами, а род *Umbelopsis* только одним – *Umbelopsis ramanniana.* Типичными микромицетами, выявленными с частотой встречаемости более 60%, являются *Geomyces pannorum* и *Mycelia sterilia* светлоокрашенный, с частотой встречаемости 30–60% – *Mucor globosum, Mucor hiemalis, Cladosporium herbarum* и *Fusarium oxysporum.*

В 2014 г. из верхних горизонтов почвы постагрогенной экосистемы выделено всего 24 вида грибов из 14 родов, включая светлоокрашенную и темноокрашенную формы стерильного мицелия. Большинство выделенных видов относится к группе несовершенных грибов, однако изменился таксономический состав. Выделенные виды относятся к 9 родам: *Aspergillus*, *Geomyces, Cephalosporium, Chrysosporium, Spicaria, Penicillium, Trichoderma* и светлоокрашенный и темноокрашенный *Mycelia sterilia*. При этом все рода представлены 1-3 видами. Доминатами в комплексе типичных видов являются *Cladosporium cladosporioides, Mucor hiemalis* и *Mycelia sterilia* светлоокрашенный. К частым видам относятся *Geomyces pannorum, Umbelopsis isabellina, Aspergillus ochraceus, Trichoderma sp.* и *Mycelia* sterilia темноокрашенный. В почвенных образцах этой даты отбора не выделялся *Fusarium oxysporum*. В этот году отмечено большое количество дрожжевых грибов.

В 2010 г. численность грибов в дерновом и гумусово-аккумулятивном горизонтах составила 561,1±18,7 и 188,1±8,9 тысКОЕ/г а.с.п. соответственно; в 2011 г. – 670,6±17,9 и 246,3±73,8 тысКОЕ/г а.с.п. соответственно, в 2014 г – 42,5±1,5 и 46,7±2,3 тысКОЕ/г а.с.п. соответственно.

Общая численность микроскопических грибов во многом зависели от погодных условий конкретного года отбора почвенных образцов. Возможно, жар-

кая и засушливая погода летом 2010 г. не являлась столь критичной для развития почвенных грибов, как затяжная весна и холодное дождливое лето в 2014 г., определившие низкие показатели численности микромицетов в почве по сравнению с предыдущими годами исследования. При резком сокращении численности нами не выявлено значительного сокращения видового разнообразия почвенных грибов. Изменения в таксономической структуре могут быть связаны с конкретными погодными условиями года. Основу комплекса микромицетов составляют виды *Geomyces pannorum, Mucor hiemalis* и светлоокрашенный *Mycelia sterilia* в пробах всех дат отбора. Анализ видового разнообразия и таксономической структуры показал, что микоценоз почвы постагрогенной экосистемы находится в состоянии стабильного функционирования, что связано с устойчивостью фитоценоза и почвы.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата».

Литература

Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера. Екатеринбург, 2005. 122 с.

Кураков А. В. Методы определения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем: учебно-методическое пособие. М.: Макс Пресс, 2001. 92 с.

Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.

Domsh K. H., Gams W, Anderson T.-H. Compendium of soil fungi. IHW-Verlag Eching, 2007. 672 p.

Newell S. Y., G.C. Caroll, Wicklow D.T. Estimating fungal biomass and productivity in decomposing litter // The Fungal Community. 2nd Ed. New York, Basel, Marcel, Dekker, 1992. P. 521–562.

ВЛИЯНИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА МИКОБИОТУ СОСНОВОГО ЛЕСА

Т. А. Головина
Челябинский государственный университет,
gta.chel@gmail.com

Почвы являются основой нормального функционирования лесных экосистем (Erickson et al., 2008). Микрофлора почвы играет важную роль в круговороте веществ, разложении органических остатков, улучшении физических характеристик почвы и создании лабильного пула питательных веществ. Кроме того, некоторые микроорганизмы вступают в симбиотические отношения с растениями, создавая тем самым уникальные биологические образования, которые могут легко пострадать от пожаров (Neary et al., 2005).

Изучение процессов, происходящих в почвах, важно для рационального ведения лесного хозяйства и понимания демутационных путей после пирогенных вмешательств в лесной фитоценоз. Пожары оказывают как прямое элими-

нирующее, так и косвенное (более длительное) воздействие на почвенную микрофлору – через потерю почвой азота и углерода, обогащение твердыми частицами минерального, органо-минерального и органического происхождения (Краснощеков и др., 2005), вследствие которых меняются конкурентные отношения в почвенном микроценозе, влияющие на пути восстановление всего растительного сообщества.

Уровень деградации почв и этапы восстановления ее после пожаров отражаются на состоянии почвенной микрофлоры, существенное место в которой занимают почвенные грибы, являющиеся более чувствительными к пожарам организмами, чем бактерии (Марфенина, 1991).

Оценка влияния пирогенного фактора на микромицетов почвенного покрова соснового леса производилась летом 2015 г. на территории памятника природы «Челябинский городской бор», расположенного в городской черте и подвергающегося масштабным антропогенным нагрузкам. Ежегодно на территории бора отмечаются многочисленные возгорания леса, приводящие иногда к верховым пожарам и полной потере наземной растительности.

Пробы отбирались на трех площадках. Исследовалась гарь, образовавшаяся на месте сосняка брусничника, восстанавливающегося после верхового пожара 2010 г. Все ярусы леса были уничтожены огнем. В ходе лесоустроительных работ вырублены и вывезены обгоревшие остатки, проведена посадка молодых деревьев той же породы. На сегодняшний день наблюдается естественное восстановление напочвенного покрова. Вторая площадка была заложена на участке той же гари, повторно претерпевшей низовой пожар (весной 2015 г.) в результате поджога валежа. Наземная растительность территории полностью утрачена, наблюдаются отдельные проростки корневищных многолетников – нитрофилов (*Chamerion angustifolium* и *Calamagrostis arundinacea*). Для контроля был взят участок сосняка-брусничника, схожий с пострадавшими от огня по местоположению, почвам и рельефу. Сбор почвенных образцов проводился по стандартным методикам посева почвенной суспензии на агаризованную среду Чапека (Кураков, 2001). Материал подвергался инкубации при t°=25–27 °С в течение 14–21 дня с дальнейшим подсчетом КОЕ и идентификацией грибов. У всех взятых образцов почв была определена кислотность.

Почвы, взятые с контрольного участка, имели кислую реакцию (pH=5,1), на свежей гари наблюдается некоторое подщелачивание почвенного раствора (pH=5,3). На гари пятилетней давности кислотность восстанавливается (pH=4,9).

Подсчет числа пропагул грибов полученных проб выявил их существенный рост в почвах, подвергшихся недавнему термическому воздействию. Показатель в среднем равен 100000 КОЕ/г сухой почвы. В почвах, восстанавливающихся после пожара в течение пяти лет, наблюдается снижение численности микобиоты до 50000 КОЕ/г сухой почвы. В почвах, не подвергавшихся пирогенным воздействиям в течение последнего десятилетия, этот показатель равен 6000 КОЕ/г сухой почвы. Резкий скачок численности микромицетов можно объяснить небольшой разрушающей силой низового пожара, в сопровождении с осадками в начале лета, увеличением после пожара как валовых, так и по-

движных соединений фосфора и калия (Краснощеков, 2005), определившими благоприятные условия для прихода на эту территорию сапротрофной микофлоры (преобладают виды р. *Penicillium*). Получают конкурентное преимущество некоторые виды (*Trichoderma viride*), не отмеченные на площадках, с более поздней стадией восстановления гари. На территории, не подвергавшейся пирогенному воздействию наблюдается снижение численности и видового разнообразия микромицетов.

Таким образом, состояние грибной микрофлоры зависит от силы воздействия пирогенного фактора и временного периода восстановления леса. Незначительные по силе пожары способны стимулировать развитие почвенной микобиоты. Однако рост численности микромицетов носит временный характер и в дальнейшем снижается по схеме сукцессии. Динамика развития грибных сообществ может использоваться для характеристики темпов сукцессионного развития нарушенной территории.

Литература

Краснощеков Ю. Н. и др. Влияние контролируемого выжигания шелкопрядников на свойства дерново-подзолистых почв в Нижнем Приангарье // Лесоведение. 2005. № 2. С. 16–24.

Кураков А. В. Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем. М.: Макс Пресс, 2001. 92 с.

Марфенина О. Е. Микробиологические аспекты охраны почв. М.: Изд-во МГУ, 1991. 118 с.

Erickson H. E., White R. Soils Under Fire: Soils Research and the Joint Fire Science Program. U.S. Department of Agriculture Forest Service Pacific Northwest Research Station Portland, Oregon. 2008. 17 p.

Neary D. G., Ryan K. C., DeBano L. F. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 2005. Vol. 4. 250 p.

РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА КОМПЛЕКСОВ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ г. СЫКТЫВКАРА)

Ю. А. Виноградова [1], В. А. Ковалева [1], И. И. Вежова [2], Е. М. Лаптева [1]

[1] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

[2] Институт естественных наук Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина,

vinogradova@ib.komisc.ru

Почвы городов – сложный объект, характеризующийся наложением антропогенных процессов на естественные процессы почвообразования (Курбатова, 2004). В результате интенсивного антропогенного и техногенного воздействия в городских почвах развиваются негативные процессы, ухудшающие их качество вследствие нарушения и разрушения почвенного профиля, дегумификации, переуплотнения, изменения водно-воздушного, теплового, пищевого и газового режимов, химического и биологического загрязнения. Отмеченная под

влиянием урбанизации трансформация режимов и свойств почв оказывает соответствующее влияниена сокращение биоразнообразия почвенной микро- и мезобиоты и ее функционирование(Строганова, 1997; Ковалева и др., 2012).

Цель данной работы заключалась в оценке видового разнообразия, таксономической структуры микроскопических грибов в городских почвах северных регионов (на примере г. Сыктывкара).

Исследования проводили в пределах г. Сыктывкара – административного центра Республики Коми, территориально приуроченного к подзоне средней тайги. В качестве объектов исследования были выбраны почвы различных функциональных зон г. Сыктывкара, где в летний период 2013 г. были отобраны образцы верхних (0–10 см) горизонтов почв для изучения их химических свойств и особенностей структуры почвенных микоценозов. Качественный и количественный состав микромицетов учитывали методом посева почвенной вытяжки на среду Гетчинсона и подкисленную среду Чапека (pH=4,5). Таксономическую принадлежность микроскопических грибов идентифицировали с использованием определителей, интерактивных «ключей» и информационного сайта интернет-ресурсов (http://www.indexfungarum.org).

В совокупности общий список микромицетов, выделенных из городсикх почв Сыктывкара, включает 49 видов из 9 родов относящихся к отделам *Zygomycota* и *анаморфным грибам* (в том числе один «вид» стерильной формы мицелия). Подавляющее число видов относится к анаморфным (несовершенным) грибам – 40 видов из 4 родов, зигомицеты представлены видами рода *Mortierella, Umbelopsis* и *Mucor.* Таксономический состав микоценозов характеризуется обилием представителей родов *Penicillium* (29 видов), *Trichoderma* (7), *Mucor* (3). Виды родов *Aspergillus, Mortierella, Cladosporium* представлены единичными видами.

На основании оценки пространственной частоты встречаемости (Кураков, 2001) установлено, что комплекс почвенных микромицетов г. Сыктывкара представлен преимущественно случайными (24 вида) и редкими (20 видов) видами. Во всех точках отбора доминирует только один вид из рода *Penicillium* (*P.sp.*).Такой тип видовой структуры с преобладанием редких и случайных видов определяется субстратной гетерогенностью техногеннонарушеных почв и разнообразием путей заноса в них пропагул микроскопических грибов (Шумилова, 2014).

Из почв рекреационной зоны города, характеризующихся низким уровнем загрязнения, выделено всего 20 видов микромицетов из 5 родов. В составе их комплексов также преобладают представители р. *Penicillium* (65%). В почвах данной функциональной зоны встречаются также условно патогенные виды: *Cladosporium cladosporioides, Geomyces pannorum, P. canescens.*

Следует отметить, что вурбаноземах селитебной и транспортной зон, где основным фактором воздействия на почвы городской среды является ее загрязнение выхлопными газами проезжающего автотранспорта, отмечено более высокое видовое разнообразие микроскопических грибов: 33–36 видов микромицетов. В структуре комплексов преобладают *Penicilliumnotatum, P. canescens, P. camemberti, Penicilliumsp.* Из условно-патогенных видовмикромицетов

встречаются: *Mucor circinelloides, Cladosporium cladosporioides, Cladosporium herbarum, Geomyce spannorum, Penicillium canescens, P. notatum*, *Trichoderma viride.*

В почвах промышленной зоны, характеризующихся более высоким уровнем загрязнения тяжелыми металлами и бенз(а)пирена, комплекс микроскопических грибов характеризуется сокращением видового разнообразия. В почвах выделено всего 7 видов микромицетов из 2 родов. В таксономической структуре микобиоты таких почв наблюдается снижение видового состава р. *Penicillium* (до 6 видов). Отсутствуют представители отдела *Zygomycota* и темноокрашенные грибы р. *Cladosporium*. Следует отметить, что данная закономерность отмечена и для городских почв других регионов России (Шумилова, 2014).

Полученные результаты по характеристике комплексов микроскопических грибов в целом отражают различия в функциональной активности микробных сообществ, формирующихся в почвах различных функциональных зон г. Сыктывкар (Лаптева и др., 2015). Как и в случае микоценозов, минимальной активностью в количестве потребляемых субстратов в почвах г. Сыктывкара отличались почвенные микробные сообщества рекреационных зон (почвы парков), остальные места отбора проб (дворовые территории селитебной зоны, газоны вдоль автомагистралей, территории детских и учебных заведений) характеризовались относительно стабильным количеством потребляемых субстратов (32–39 источника органических веществ). К специфической особенности бактериальных комплексов городских почв следует отнести сохранение их функциональной активности в почвах промышленной зоны на уровне селитебной и транспортной зон.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата».

Литература

Кураков А. В. Методы выделения и характеристика комплексов микроскопических грибов наземных экосистем: Учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2001. 92 с.

Курбатова А. С., Башкин В. Н. Экологические функции городских почв. Маджента, 2004. 232 с.

Лаптева Е. М., Виноградова Ю. А., Холопов Ю. В., Каверин Д. А. Функциональное состояние почвенных микробных сообществ урбоэкосистем (на примере г. Сыктывкар, Республика Коми) // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: Материалы Всерос. науч. конф. Киров, 2015. С. 379–381.

Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах / Г. В. Ковалева, В. Т. Старожилов, А. М. Дербенцева, А. В. Назаркина и др. Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2012. 159 с.

Строганова М. Н., Мягкова А. Д., Прокофьева Т. В. Городские почвы: генезис, классификация, функции // Почва, город, экология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 269 с.

Шумилова Л. П., Куимова Н. Г., Терехова В. А., Александрова А. В. Разнообразие и структура комплексов микроскопических грибов в почвах города Благовещенска // Микология и фитопатология, 2014. Т. 48. Вып. 4. С. 240–246.

СООБЩЕСТВА МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ПОЧВАХ УРАНОВЫХ ПРОВИНЦИЙ

А. Е. Иванова [1], В. А. Терехова [1, 2], В. К. Шитиков [3], В. А. Прохоренко [4], К. А. Кыдралиева [4]

[1] Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
[2] Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
[3] Институт экологии Волжского бассейна РАН,
[4] Институт химии и химической технологии НАН, Кыргызстан,
letap.msu@gmail.com

Почвенные грибы – это организмы, обладающие высоким адаптационным потенциалом к экстремальным воздействиям, но чувствительно реагирующие на изменения параметров среды обитания. Происходящие в результате различных антропогенных воздействий изменения численности, состава и разнообразия сообществ почвенных микроскопических грибов позволяют достаточно быстро накапливать большие массивы информативных данных о трансформации природной среды. Поэтому эту группу организмов широко применяют в целях биодиагностики экологического состояния биотопов, нормирования антропогенных воздействий и оценки экологического риска при мониторинге урбоэкосистем (Марфенина, 2005), при разнообразных техногенных (Терехова, 2007) и радионуклидных загрязнениях (Zhdanova et al., 2005; Digton et al., 2008). Тяжелые металлы в больших концентрациях и радионуклиды ингибируют процессы минерализации в почвах, подавляют дыхание, вызывают микостатический эффект и могут выступать как мутагенный фактор (Gadd, 2007). При этом в составе сообществ почвенных микромицетов может возрастать доля видов, патогенных для растений, животных и человека.

В докладе представлен анализ пространственной динамики сообществ микроскопических грибов при техногенном загрязнении в районе карьерной добычи урансодержащих рудных ископаемых (пос. Каджи-Сай, Кыргызстан). Образцы верхних слоев почвы отбирали в 2014 г. с пробных площадок, находящихся на территории отвалов урановых шахт, в жилом поселке, а также для сравнения в относительно чистых районах (берег оз. Иссык-Куль и Боомское ущелье).

Уровень техногенного воздействия оценивали по объемной радиоактивности трех нуклидов (U-238, Ra-226 и Pb-210) и содержанию 16 тяжелых металлов в верхних горизонтах почвы. Суммарное химическое загрязнение (Z_c) рассчитано по формуле Саета как средняя геометрическая доля превышения фона с учетом поправочных коэффициентов на токсичность элементов (Водяницкий, 2008).

Выделение культивируемых грибов в почвенных образцах осуществляли стандартным методом (Методы…, 1991) посева водной суспензии почвенных образцов на агаризованную среду Чапека со стрептомицином в 3-кратной повторности. Видовую идентификацию осуществляли на основании культурально-морфологических признаков, для стерильных изолятов и в случаях спорной

диагностики – по молекулярным свойствам участков ITS при секвенировании рДНК. Всего был выделен 41 вид микроскопических грибов.

С использованием методов ординации выполняли оценку значений факторов, при которых встречаемость каждого выделенного вида была максимальна. Положения максимумов встречаемости каждого вида на шкале воздействующего фактора рассчитывали следующим образом:

– формировали матрицу **D** таксономических расстояний между каждой парой образцов почвы, рассчитанных как сумма абсолютных разностей частот встречаемости колоний всех 41 видов микромицетов;

– с использованием алгоритма неметрического многомерного шкалирования (NMS – McCune et al., 2002) строили ординационную диаграмму площадок в пространстве двух шкал (рис. а);

– оценивали средневзвешенные координаты s_1 и s_2 отдельных таксонов микромицетов на NMS-проекции, устанавливающие их положение относительно пробных площадок, и строили ординационную диаграмму видов (рис. 1б).

– для каждого показателя загрязнения рассчитывали трехмерная обобщенная аддитивная модель GAM в форме сглаживающих полиномов (Wood, 2006), строили изономы и находили прогнозируемые значения $\hat{Y}$, соответствующие координатам наиболее вероятного положения каждого вида грибов на ординационной плоскости.

Диаграмма на рис. а свидетельствует о достаточно четкой дифференциации пробных площадок: образцы почвы с отвалов урановых шахт (2 и 3) и из заповедного Боомского ущелья (14) заняли крайние положения на главной оси S_1. Можно выделить несколько групп видов:

– чувствительные к техногенному загрязнению, такие как *Alternaria chlamydospora* (AltCh), *Aspergillus sclerotiorum* (AspSc), *Alternaria alternata* (AltAl), *Penicillium janczewskii* (PenJa);

– резистентные виды, преимущественно все меланинсодержащие, среди них *Aureobasidium pullulans* (AurPu), представители рода *Phoma P. pomorum* (PhoPo) и *P. medicaginis* (PhoMe), *Stachybotrys chartarum* (StaCh), *Purpureocillium lilacinus* (PurLi), также *Pseudogymnoascus pannorum* (PsePa);

– виды, толерантные к загрязнению, то есть присутствовавшие как на территориях отвалов, так и на фоновых участках, среди них *Aspergillus fumigatiaffinis* (AspFu), *Penicillium citrinum* (PenCi).

На основе результатов ординации осуществлено моделирование снижения видового богатства сообществ микромицетов с увеличением уровня воздействия и анализ статистического распределения чувствительности видов (Posthuma et al., 2001). Выполняли построение интегральной кривой логнормального статистического распределения плотности вероятности экологических максимумов $\hat{Y}$ для 41 вида микромицетов, с помощью которой оценивали пороговое значение воздействующего фактора для произвольно заданной критической вероятности экологического риска *p*. Например, при содержании хрома в почве EC_{16} = 20,6 мк/г в сообществе микромицетов исчезают или не достигают своего экологического оптимума встречаемости 16 % выделенных видов.

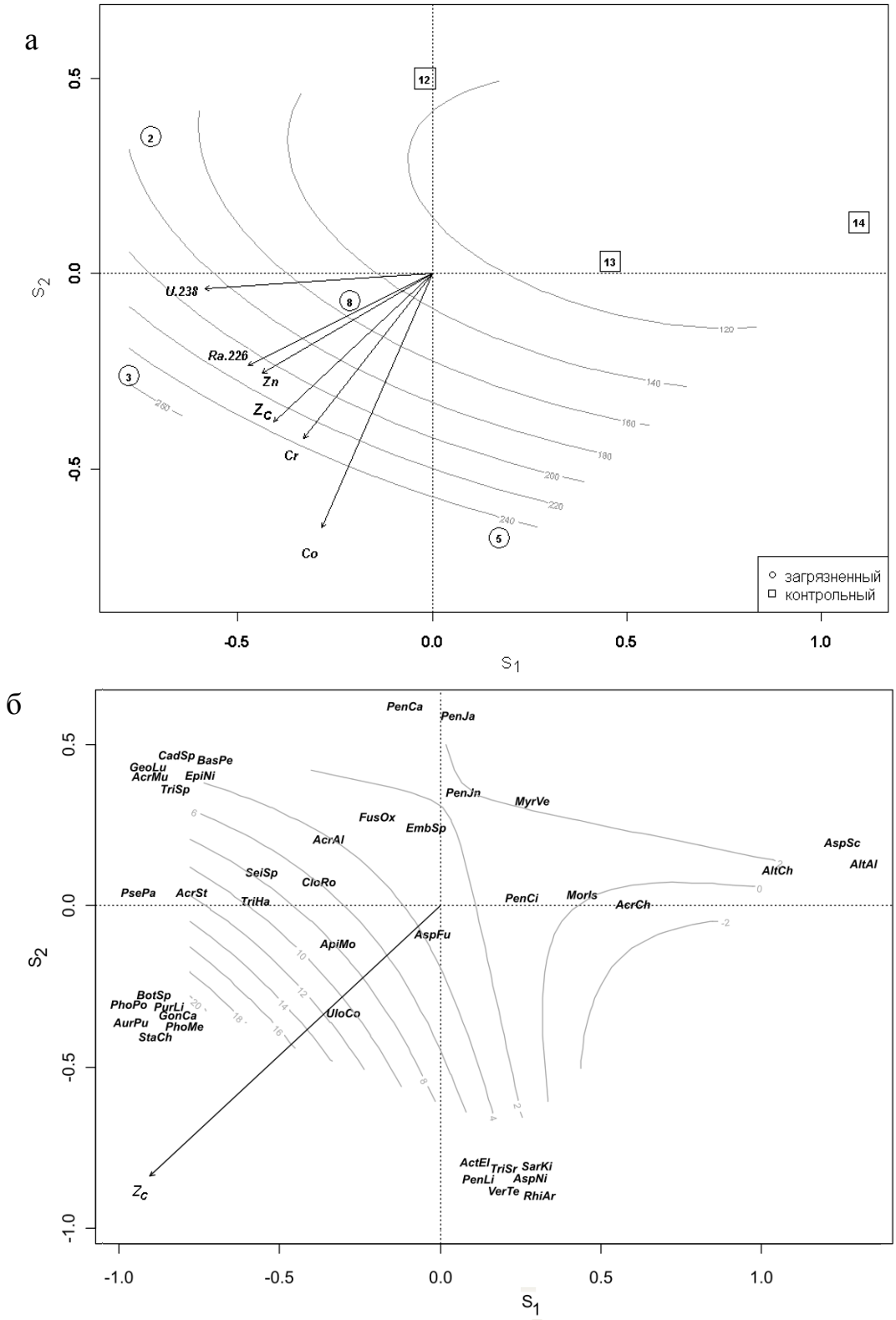


Рис. Ординация полученных данных методом многомерного неметрического шкалирования (nonmetric multidimensional scaling): а) пробные площадки (2, 3, 5 – территория свалки, 8 – жилой массив пос. Каджи-Сай, 12, 13 – берег оз. Иссык-Куль, 14 – Боомский каньон); б) сообщества микромицетов (сокращенная аббревиатура включает наименования рода и вида). Стрелками представлены дополнительные оси физических градиентов. Серым цветом показаны изолинии содержания кобальта (а) и индекса Саета Z_c (б)

Обсуждаются предложенные нормативы шести показателей химического и радиационного загрязнения почвы, обеспечивающие заданную допустимую вероятность экологического риска.

Расчеты проводили с использованием статистической среды R: пакетов vegan и mgcv.

Работа выполнена при поддержке гранта МНТЦ (KR-2092).

Литература

Водяницкий Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: ГНУ Почвенный институт им. В. В. Докучаева РАСХН, 2008. 85 с.

Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1991. 303 с.

Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. Москва: Наука, 2007. 215 с.

Dighton J., Tugay T., Zhdanova N. Fungi and ionizing radiation from radionuclides // FEMS Microbiol Lett. 2008 V. 281. P. 109–120.

Gadd J. M. Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation // Mycological Research, 2007. V. 111. Iss. 1. P. 3–49.

McCune B., Grace J. B., Urban D. L. Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach (Oregon): MjM Software, 2002. 285 p.

Posthuma L, Suter GWH., Traas TP (eds). Species Sensitivity Distributions in Ecotoxicology. CRC Press. 2001. 616 p.

Wood S. N. Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman, Hall/CRC, 2006. 410 p.

Zhdanova NN, Zakharchenko VA & Haselwandter K (2005) Radionuclides and fungal communities. The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem (Dighton J, White JF & Oudemans P, eds), pp. 759–768. CRC Press, Baton Rouge.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ РАЗЛИЧНЫХ ЗОН г. КИРОВА

К. А. Леонова [1], А. А. Кузнецова [1], Л. И. Домрачева [1, 2]

[1] Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

[2] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

xiusha.leonova2016

Микроскопические грибы – постоянные обитатели почвы и воздуха урбанизированных территорий. Поэтому особенности их развития и специфика видового и группового состава позволяют использовать микромицеты в экологической оценке урбоэкосистем. Микологический мониторинг является неотъемлемой частью биомониторинга (Марфенина, 2005; Терехова, 2007; Домрачева и др., 2008). В ходе проведенных исследований было показано, что наиболее информативными показателями, используемыми для диагностики состояния экосистем, можно считать соотношение в структуре популяций грибов с пигментированным и бесцветным мицелием; соотношение их быстро- и медленно-

растущих видов; споровой и мицелиальной биомассы; общую численность микромицетов при высоком уровне техногенных нагрузок; индексы разнообразия грибов и др. Отмечается также, что в течение всего года в аэробиоте и почвенных ценозах городов происходит возрастание численности потенциально аллергенных и патогенных микроскопических грибов (Артамонова, 2002; Уханова и др., 2013). Данный признак также можно отнести к индикационным показателям загрязнения окружающей среды. В результате урбанизации создаются благоприятные условия для развития таких микромицетов, которые быстро адаптируются к нейтральной или слабощелочной среде, наличию техногенных загрязнителей, повышенной температуре. Именно поэтому по численности и морфологии микроскопических грибов можно судить о состоянии окружающей среды (Анищенко, 2013).

Цель данной работы – сравнение количественных характеристик микроскопических грибов в почве и воздухе различных зон г. Кирова.

Пробы были отобраны в 2-х районах (юго-западном и центральном) и в 4-х различных зонах в каждом районе: транспортной, парковой, селитебной и промышленной (таблица). Образцы почвы массой 200–300 г отбирали с глубины 0–10 см, помещая их в стерильные ёмкости. Параллельно проводили посев проб воздуха на чашки Петри с агаризованной средой Чапека. Эту же среду использовали для учета почвенных микромицетов, используя метод разведения. В обоих случаях работа проводилась по стандартным микробиологическим методикам.

Таблица

Места отбора проб воздуха и почвы

Зоны города	Юго-западный район	Центральный район
Промышленная	Биохимзавод	Завод Маяк
Транспортная	Ул. Лепсе	Октябрьский проспект
Селитебная	Двор на ул. Лепсе	Двор на ул. Воровского
Парковая	Парк Победы	Парк им. С.М. Кирова

После появления колоний грибов проводили их учет и идентификацию по культурально-морфологическим признакам.

Показатели численности грибов в воздухе колеблются от 2000 до 30000 КОЕ/м^3 (рис. 1). В обоих районах города максимальная численность грибов наблюдается в транспортной зоне (25–30 тыс. КОЕ/м^3). В остальных зонах грибов в воздухе значительно меньше, хотя обращает внимание тот факт, что в целом атмосферный воздух в юго-западном районе имеет большую грибную обсемененность, по сравнению с центральным районом.

В воздухе юго-западного района, по сравнению с центральным районом, также примечательно существенное превышение доли темноокрашенных (меланизированных) форм микромицетов, при этом в транспортной зоне данный показатель превышает 50% (рис. 2).

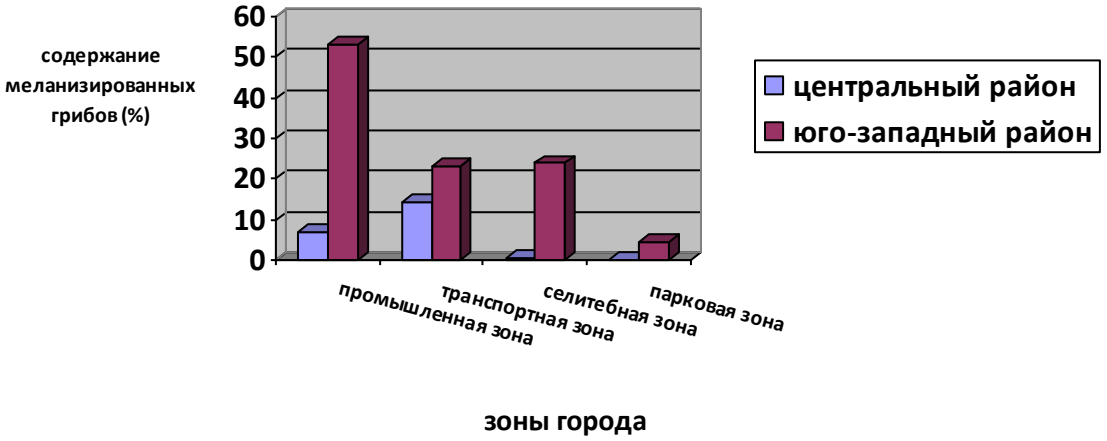


Рис. 1. Численность микроорганизмов в воздухе различных зон г. Кирова

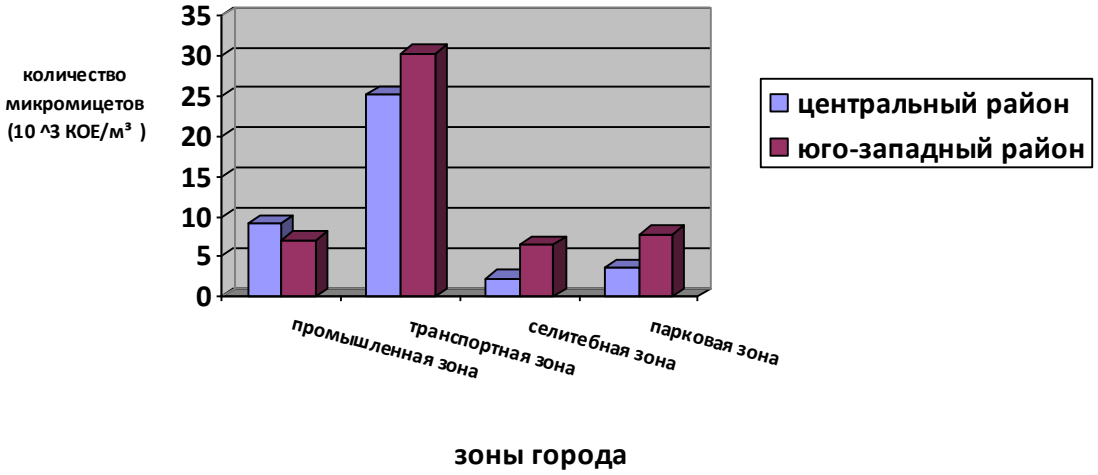


Рис. 2. Содержание меланизированных грибов
в воздухе различных зон г. Кирова

Сравнение показателей структуры грибных популяций с окрашенным и бесцветным мицелием показало, что самые незагрязнённые участки города находятся в центральной части г. Кирова, особенно в парковой зоне (парк им. С. М. Кирова).

Если сопоставить все полученные данные, то можно сделать вывод о том, что наиболее загрязнённые участки города находятся в юго-западном районе, включая и дворовую и парковую территорию, видимо, вследствие очень сильной транспортной нагрузки и влияния выбросов биохимзавода, которые распространяются на значительные расстояния от источника загрязнения.

При определении численности микромицетов в почве такой четкой картины не наблюдается (рис. 3). Количественные показатели состояния грибных популяций колеблются в диапазоне от 30 тыс. (парк им. Кирова, ул. Лепсе) до 250 тыс. (завод Маяк) КОЕ/г.

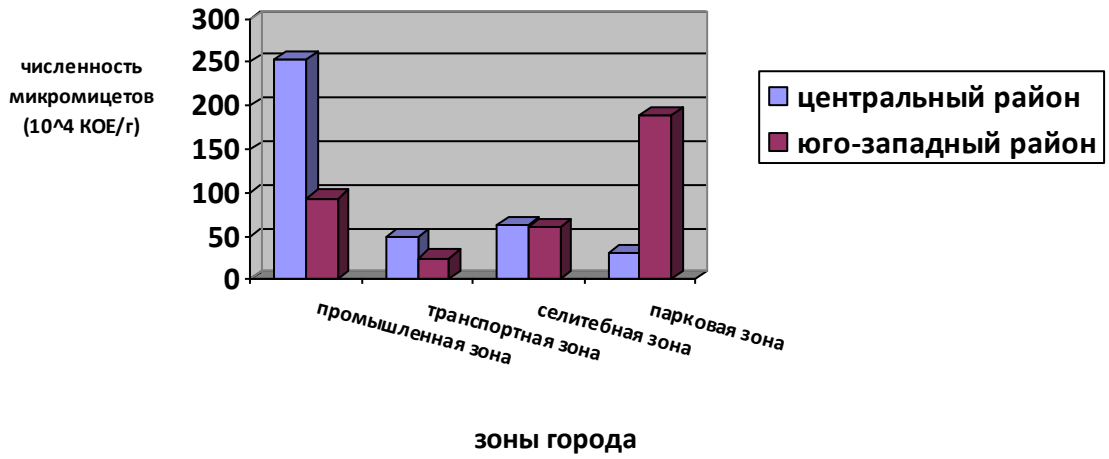


Рис. 3. Численность микромицетов в почве различных зон г. Кирова

В данном случае максимальная и минимальная численность грибов, вероятно, определяются как типом почвы, количеством растительных остатков, подвергающихся процессам минерализации, так и накоплением поллютантов, что приводит к нарушению структуры и функций микробиоценозов.

При идентификации грибов по культурально-морфологическим признакам было установлено, что абсолютным доминантами аэромикоты являются представители р. *Penicillium*. Из меланизированных форм выявлены представители родов *Alternaria* и *Cladosporium*. Настораживает факт массового присутствия в воздухе в районе биохимзавода микромицетов р. *Fusarium*, которые известны не только как фитопатогены, но в качестве токсинообразователей и аллергенов они представляют опасность для здоровья человека.

Помимо мицелиальных грибов, в почве всех изученных зон города встречаются группы дрожжей. На мазках, приготовленных из 2-х колоний, обладающих определенной текстурой и визуальным морфологическим единством, кроме дрожжей, обнаружены бактерии р. *Bacillus*. Дальнейшее изучение, возможно, позволит установить, является ли данное единство какой-то симбиотической формой (наподобие кефирных зерен или чайного гриба) или же это артефакт, связанный с попаданием в одну точку питательной среды и дрожжевых и бациллярных клеток.

Таким образом, проведенное комплексное исследование состояния микокомплексов воздуха и почвы различных зон в 2-х районах г. Кирова показало, что аэромикота является достаточно четким диагностическим признаком на загрязнение воздуха как по общему количеству грибных зачатков, так и по доминированию в воздухе меланизированных и фитопатогенных форм микромицетов (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*). По результатам проведенного анализа наиболее загрязненным является юго-западный район, особенно район биохимзавода, а наиболее чистая зона характерна для центрального части города (парк им. С.М. Кирова).

В диагностическом плане показатели численности грибов в почве оказались малоинформативными. Вероятно, вследствие того, что в почве на состояние грибных комплексов действует намного большее число факторов, чем в

воздухе, эти комплексы более стабильны, чем воздушные. Поэтому можно только констатировать, что численность грибов колеблется 30–60 тыс. КОЕ/г до 189–250 тыс. КОЕ/г. При этом максимальные значения зарегистрированы на тех участках, где наблюдался максимальный растительный опад.

Литература

Анищенко А. Л. Блок биомониторинга в экоаналитическом контроле химически техногенных систем (на примере объекта по утилизации химического оружия 1204, Брянская область) // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 3. С. 40–45.

Артамонова В. С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 225 с.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Фокина А. И., Огородникова С. Ю., Кантор Г. Я. Биомониторинг и биотестирование почв // Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров: О-Кратоке, 2008. С. 68–106.

Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. М.: Наука, 2007. 215 с.

Уханова О. П., Богомолова Е. В., Кирцидели И. Ю. Динамика содержания пропагул потенциально аллергенных микроскопических грибов в аэробиоте Санкт-Петербурга // Аллергол. и иммунол. 2013. Т. 14. № 3. С. 174–178.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПАРКОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ г. КИРОВА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ

К. А. Безденежных [1]***, Л. В. Кондакова*** [1, 2]

[1] *Вятский государственный гуманитарный университет,*

[2] *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Качество чистоты атмосферного воздуха – существенный фактор сохранения здоровья и экологического благополучия в городской среде. Для оценки чистоты воздушной среды городских территорий широко используются методы лихеноиндикации, так как лишайники являются одними из самых чувствительных индикаторов атмосферного загрязнения. Лихеноиндикация является одним из распространенных методов современной биоиндикации (Бязров, 2002). Методы лихеноиндикации основаны на индивидуальной реакции эпифитных лишайников к действию поллютантов атмосферы. В последнее десятилетие показано, что из всех компонентов загрязнённого воздуха на лишайники самое отрицательное влияние оказывает оксид серы (IV), вызывая сокращение видового разнообразия и проективного покрытия лишайников в городских парках и пригородных лесах (Лиштва, 2007).

Изучение лихенофлоры города Кирова проводилось в 90-х гг. (Ашихмина и др., 1996), было обследовано 5 тысяч деревьев-форофитов, представленных видом *Tilia cordata.* В результате исследования было выявлено 9 видов эпифитных лишайников. Были выявлены наиболее чистые районы – это периферийные участки города, наиболее загрязненные – районы ул. Воровского и ул. Профсо-

юзная. Пересечение ул. Профсоюзная и ул. Ленина по степени загрязнения атмосферного воздуха представляет зону «лишайниковой пустыни», то есть такое содержание загрязняющих веществ, при котором лишайники произрастать не могут.

Позднее изучалось проективное покрытие лихенофлоры в районе промышленной агломерации Киров-Киров-Чепецк. Исследования показали, что в фоновом районе проективное покрытие в 40 раз больше, чем на территории города (Домнина, 2005).

Целью работы являлась оценка чистоты атмосферного воздуха парковых территорий г. Кирова.

Исследования проводились в период с сентября 2012 г. по май 2015 г. В качестве парковых территорий были исследованы: парк им. Ю. А. Гагарина, парк Молодежи, детский парк «Аполло», сквер им. Степана Халтурина, Кочуровский парк, парк Дворца Пионеров и дендрологического парка им. лесоводов Кировской области. Исследовались 530 модельных деревьев, представленных 9 породами: *Betula pendula* Roth, *Acer negundo* L., *Populus balsamifera* L., *Ulmus laevis* Pall., *Populus tremula* L., *Tilia platyphyllos* Scop, *Acer platanoides* L. , *Tilia cordata* Mill, *Quercus robur* L. Оценка качества атмосферного воздуха проводилась по методу линейных пересечений (Пчелкин, Боголюбов, 1997). По результатам исследования были рассчитаны индексы полеотолерантности (далее ИП) для каждого парка.

На изучаемых древесных породах парков было выявлено 14 видов эпифитных лишайников: *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr., *Hypogymnia physodes (*L.) Nyl., *Lecanora allophana* (Ach.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Physcia stellaris* (L.) Nyl., *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Evernia mesomorpha* Nyl., *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fьrnr., *Physconia grisea* (Lam.) Poelt, *Parmelia olivacea* (L.) Ach. emend. Nyl., *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Cetraria pinastri* (Scop.) S. Gray, *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W. L. Culb. et C. F. Culb., *Imshaugia aleurites* (Ach.) S. L. F. Meyer, относящихся к 9 родам (*Evernia, Physcia*, *Lecanora*, *Hypogymnia*, *Parmelia*, *Xanthoria, Phaeophyscia, Cetraria, Imshaugia)* и 4 семействам (*Parmcliaceae*, *Physciaceae, Teloschistaceae, Lecanoraceae*). По морфологическому строению преобладают листоватые лишайники (12 видов), встречен вид накипного лишайника – *Lecanora allophana* и кустистистый лишайник – *Evernia mesomorpha.*

Расчеты ИП для исследованных парков представлены в таблице 1.

Таблица 1

Индекс полеотолерантности парков г. Кирова

Парковые территории	Общее проективное покрытие лишайниками,%	ИП	Концентрация SO_2 мг/м^3 (по Трассу, 1987)	«Зона благополучия» (по Трассу, 1987)
Парк им. Ю.А. Гагарина	5,81	7,00	0,03–0,08	смешенная
Парк Молодежи	12,33	9,00	0,08–0,10	зона борьбы
Сквер им. Степана Халтурина	13,47	7,83	0,08–0,10	зона борьбы
Детский парк «Аполло»	15,51	8,00	0,08–0,10	зона борьбы
Парк дворца пионеров	10,94	7,00	0,03–0,08	смешанная

Парковые территории	Общее проективное покрытие лишайниками,%	ИП	Концентрация SO_2 мг/м^3 (по Трассу, 1987)	«Зона благополучия» (по Трассу, 1987)
Кочуровский парк	10,51	7,16	0,08–0,10	зона борьбы
Дендрологический парк им. лесоводов Кировской области	11,82	5,82	0,03–0,08	смешанная

Чем больше значение ИП, тем грязнее атмосферный воздух. В изученных парках значения ИП изменяются в пределах – от 5,82 до 9,00. Наибольшее значение ИП, равное 9,00, характерно для парка Молодежи, который находиться в центре города, на перекрестке автомобильных дорог. На данном участке автотранспортная нагрузка превышает санитарные нормы (200 машин в час) в 1,6 раз, атмосферный воздух значительно загрязнен, наблюдается превышение гигиенических нормативов по оксиду углерода, диоксиду азота, формальдегиду и взвешенным веществам (Региональный доклад …, 2012). Наименьшее значение ИП, равное 5,82, характерно для дендрологического парка, находящегося в пригородной части города Кирова.

Городские территории в зависимости от встречаемости и жизнеспособности различных видов эпифитных лишайников подразделяются на зоны: 1) «лишайниковая пустыня» – участки, на которых лишайников нет; 2) «зона борьбы» – участки, где встречается небольшое число видов устойчивых к загрязнению (полеотолерантные виды), как правило, слабо жизнеспособные; 3) «нормальная зона», где можно обнаружить виды лишайников, характерных для данного климата и субстрата. Выделяют так же промежуточные зоны (смешенная зона). Каждой зоне соответствует определенная степень загрязнения атмосферного воздуха и концентрация в нем SO_2 (Трасс, 1987). Рассчитанные ИП позволили выделить в парковых территориях г. Кирова две группы зон. Согласно классификации состояния атмосферы по Х. Х. Трассу (1987), парки им. Ю.А. Гагарина, дворца Пионеров и дендрологический парк им. лесоводов Кировской области соответствуют «смешанной зоне», то есть зоне умеренного загрязнения атмосферного воздуха, остальные парки соответствуют «зоне борьбы», то есть зоне со значительного загрязнением.

Существует ли какая-нибудь зависимость флоры лишайников от древесной породы, еще точно не установлено: в литературе недостаточно сведений, иллюстрирующих качественные и количественные параметры приуроченности лишайников к дереву – форофиту. Для преобладающего расселения того или иного вида лишайников имеет значение так же строение коры (ее физические свойства, химический состав, кислотность и т. д.). Поэтому в данной работе исследовались модельные деревья, представленные не одной породой, а несколькими.

Анализ распределения лишайников по древесным породам показал, что наибольшее число видов лишайников встречается на *Tilia cordata* (12 видов), а наименьшее – на *Quercus robur* (5 видов): *Flavoparmelia caperata, Phaeophyscia orbicularis, Parmelia sulcata, Xanthoria parietina* и *Physcia stellaris.*

Наиболее часто встречаемые виды лишайников на всех обследованных породах деревьев парковых территорий г. Кирова представлены в таблице 2.

Таблица 2

Распространенные виды эпифитных лишайников в парках г. Кирова

Парковые территории	Распространенные виды лишайников	Встречаемость от общего числа видов, %
Парк им. Ю.А. Гагарина	*Parmelia sulcata*	17,9
	Flavoparmelia caperata	16,4
	Xanthoria parietina	15,7
Парк Молодежи	*Physconia grisea*	37,7
	Phaeophyscia orbicularis	31,6
	Flavoparmelia caperata	16,0
Сквер им. Степана Халтурина	*Physconia grisea*	54,3
	Flavoparmelia caperata	18,4
Парк дворца пионеров	*Xanthoria parietina*	25,9
	Flavoparmelia caperata	24,5
Детский парк «Аполло»	*Flavoparmelia caperata*	28,3
	Physconia grisea	26,0
Кочуровский парк	*Flavoparmelia caperata*	32,1
Дендрологический парк им. лесоводов Кировской области	*Xanthoria parietina*	19,2
	Flavoparmelia caperata	16,4

Как видно из таблицы наиболее часто встречаемым эпифитным лишайником для всех исследованных парковых территорий города является вид *Flavoparmelia caperata*. Данный вид имеет класс полеотолерантности равный 9 (по Трассу), что говорит о его устойчивости к атмосферному загрязнению. Редким видом для парков г. Кирова является лишайник *Physcia aipoli.*

Сравнение встречаемости отдельных видов лишайников в парках г. Кирова представлено на рисунке.

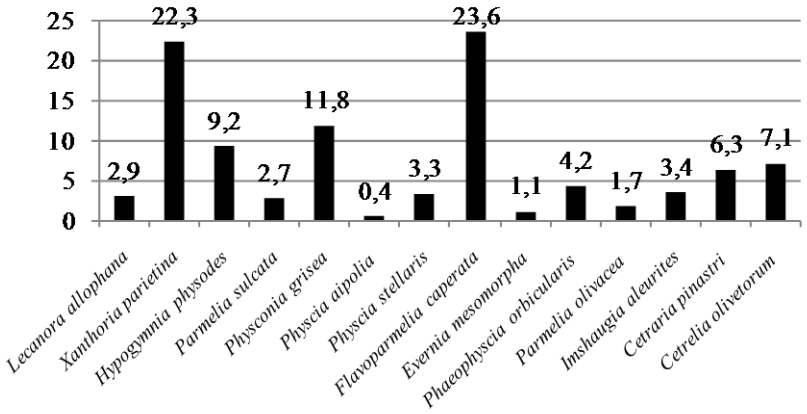


Рис. Встречаемость различных видов эпифитных лишайников в парках г. Кирова, % от количества встреченных лишайников

Таким образом, лихенофлора парковых территорий г. Кирова имеет невысокое видовое разнообразие – 14 видов эпифитных лишайников, относящих-

ся к 9 родам и 4 семействам. Наиболее распространенными видами лишайников в парках являются *Flavoparmelia caperata* и *Xanthoria parietina*. В ходе исследования для парковых территорий было рассчитано значение индекса полеотолерантности, изменяющееся в пределах от 7 до 9, выделены две группы зон загрязнения атмосферного воздуха – смешенная зона с умеренным загрязнением и зона борьбы со значительным загрязнением.

Литература

Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге: Монография. М.: Научный мир, 2002. 336 с.

Лиштва А. В. Лихенология: учеб.-метод. пособие. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. 121 с.

Ашихмина Т. Я. Лихеноиндикация состояния атмосферы / Т. Я. Ашихмина, Т. С. Носкова, Н. В. Жданов, В. М. Сюткин, А. Н. Бурков // Окружающая природная среда Кировской области. 1996. С. 324–329.

Домнина Е. А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения в районе Кирово-Чепецского химического комбината: Автореф. дис. … канд. биол. наук. СПб., 2005. 23 с.

О состоянии окружающей среды Кировской области в 2012 году: региональный доклад / Правительство Киров. обл., Департамент экологии и природопользования Киров / Под общ. ред. А. В. Албеговой. Киров, 2013. 192 с.

Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лихеноиндикации загрязнений окружающей среды. Методическое пособие. М.: Экосистема, 1997. 25 с.

Трасс Х. Х. Лихеноиндикационные индексы и SO_2 // Биогеохимический круговорот веществ в биосфере. М.: Наука, 1987. С. 111–115.

ДЕЙСТВИЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC MUSCORUM* И МЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ

Е. В. Коваль [1], Ю. В. Чупрова [1], С. Ю. Огородникова [1, 2]

[1] Вятский государственный гуманитарный университет,

[2] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

undina2-10@yandex.ru

Для живых систем большую опасность представляют специфические поллютанты, которые зачастую более токсичны, чем общепромышленные, хотя и попадают в природные среды в меньших объемах. К таким веществам относится метилфосфоновая кислота.

Метилфосфоновая кислота (МФК) – фосфорорганический ксенобиотик, продукт разложения фосфорсодержащих отравляющих веществ и пестицидов, даже в малых концентрациях оказывает влияние на растения и почвенную микрофлору (Огородникова и др., 2004). МФК устойчива в окружающей среде за счет химически стабильной углерод фосфорной (С–Р связи) и обнаруживается в почве спустя десятилетия после загрязнения метилфосфонатами (Савельева и др., 2002).

Установлено, что некоторые прокариотические микроорганизмы и низшие эукариоты способны расщеплять С–Р связь (Quinn, 1989). Широкий спектр свойств проявляют и грамотрицательные микроорганизмы –цианобактерии (ЦБ). Например, ряд ЦБ проявляет устойчивость к фосфорорганическим токсикантам (Домрачева и др., 2008). Благодаря протекторным, ростстимулирующим и ряду других свойств ЦБ применяются в растениеводстве (Трефилова, 2008). Известно, что растительно-цианобактериальные ассоциации имеют большие преимущества при выживании в неблагоприятных условиях. Это обусловлено не только повышением устойчивости к действию ксенобиотиков, но и удалением токсикантов из сферы обитания (Молекулярные основы…, 2005).

Цель работы – оценить действие ЦБ *Nostoc muscorum* на растения ячменя, выращиваемые в условиях загрязнения МФК.

Объектами исследования были растения ячменя сорта Новичок. Семена проращивали на дистиллированной воде в течение 2 суток в присутствии ЦБ и без них. Затем семена пересаживали в контейнеры с песком, увлажненным до 60% от полной влагоёмкости растворами МФК (0,01 и 0,05 моль/л), контроль – питательный раствор Кнопа. Дальнейшее увлажнение субстрата поддерживалось питательным раствором Кнопа. В фазу 2-х листьев оценивали интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в корнях и листьях, накопление пластидных пигментов и показатели роста ячменя.

Интенсивность ПОЛ анализировали по цветной реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым диальдегидом (МДА), который образуется в процессе ПОЛ (Лукаткин, 2002). Содержание пластидных пигментов определяли спектрофотометрически в ацетоновой вытяжке (λ=662, 644, 440,5 нм) (Шлык, 1971). Для определения линейного роста, отбирали по 20 растений, измеряли длину корней и листа.

Установлено, что МФК активацию окислительных процессов в листьях, что проявилось в накоплении продуктов ПОЛ более чем в 2 раза, по сравнению с контролем (рис.). Добавка ЦБ оказывала различный эффект на интенсивность процессов ПОЛ в листьях растений, которые выращивали в присутствии МФК. В варианте с предварительной обработкой ЦБ и действием МФК (0,01 моль/л) отмечали значительное, в 3 раза, возрастание интенсивности процессов ПОЛ в листьях ячменя. Цианобактериальная ообработка способствовала снижению интенсивности процессов ПОЛ в листьях растений, выращенных при загрязнении субстрата МФК (0,05 моль/л). В опыте с обработкой ЦБ и действием МФК (0,05 моль/л), отмечали снижение интенсивности ПОЛ в листьях ячменя, по сравнению с действием МФК (0,05 моль/л).

Гетеротрофные органы реагировали иначе на действие ЦБ и МФК. Установлено, что МФК снижала активность ПОЛ в корнях растений, что проявилось в сокращении количества МДА (рис. 1). Отмечалась прямая зависимость накопления МДА в клетках корней от концентрации МФК. В варианте с действием 0,05 моль/л МФК отмечали снижение накопления МДА более чем на 40% от уровня контроля. Снижение активности ПОЛ в корнях при действии МФК отмечали и ранее (Коваль, Огородникова, 2014). Можно предположить, что низкий уровень активности ПОЛ в корнях связан с активацией защитных

механизмов в клетке, в частности, активации антиоксидантной системы. Добавка ЦБ вызывала достоверное повышение уровня МДА в корнях ячменя, как в присутствии МФК, так и без нее.

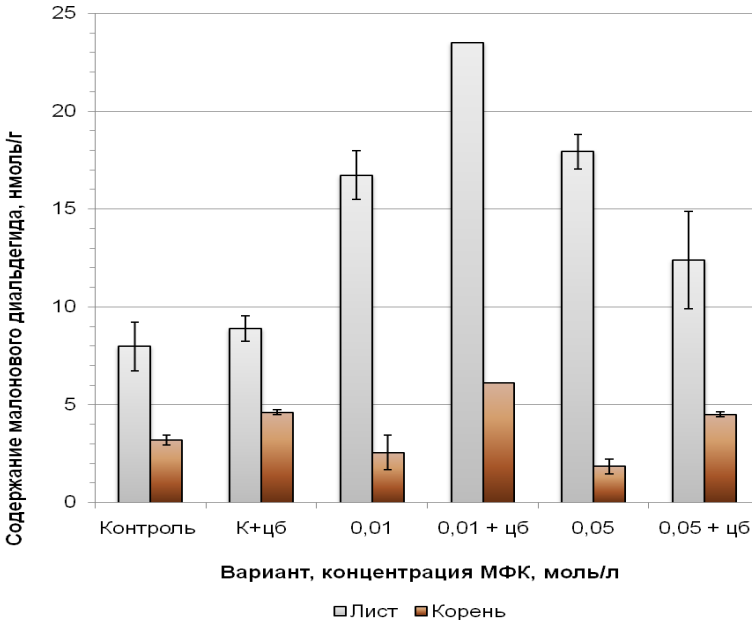


Рис. Содержание малонового диальдегида в корнях и листьях ячменя

Важным показателем состояния растений является содержание пластидных пигментов: хлорофиллов и каротиноидов. Известно, что каротиноиды – относятся к веществам с антиоксидантными свойствами, которые выполняют протекторную функцию в клетке, действуя в качестве «ловушек» радикалов. При действии МФК (0,05 моль/л) не отмечали достоверного изменения количества каротиноидов, что согласуется с повышением активности ПОЛ в листьях в данном варианте (табл. 1). Однако во всех остальных вариантах наблюдался рост количества желтых пигментов в среднем на 50%, по сравнению с контролем. Установлено, что обработка семян ЦБ *N. muscorum* способствовала накоплению большего числа каротиноидов в листьях растений, выращенных как на чистом субстрате, так и в условиях загрязнения МФК.

Таблица 1

Действие метилфосфоновой кислоты и ЦБ *N. muscorum* на содержание пластидных пигментов в листьях ячменя

Вариант, концентрация МФК, моль/л	Каротиноиды	Хлорофиллы		
		а	*б*	*а+б*
	мг/г сухой массы			
Контроль (0)	0,64±0,05	2,71±0,10*	1,35±0,29	4,06
Контроль (0)+ЦБ	1,00±0,03*	4,84±0,21*	2,01±0,22*	6,85
МФК (0,01)	0,95±0,08*	4,33±0,29*	1,58±0,01	5,91
МФК (0,01)+ЦБ	0,97±0,02*	4,57±0,16*	1,67±0,06	6,23
МФК (0,05)	0,70±0,03	3,35±0,10*	1,22±0,02	4,57
МФК (0,05)+ЦБ	0,82±0,08*	4,09±0,21*	1,42±0,13	5,51

Примечание: * – различия между контролем и опытом достоверны при $P \leq 0,05$

Уровень зеленых пигментов во всех вариантах оставался выше, либо в пределах контрольного уровня. При этом МФК (0,05 моль/л) в меньшей степени способствовала накоплению пигментов в листьях (табл. 1). Предварительная обработка ЦБ способствует накоплению хлорофиллов в листьях. Эта тенденция прослеживалась как в контрольном варианте, так и в вариантах с действием МФК. В контрольном варианте при добавке ЦБ происходило значительное накопление хлорофиллов (в 1,7 раза выше, чем в контроле). В средах, загрязненных МФК данная особенность проявлялась в меньшей степени, однако в присутствии МФК (0,01 и 0,05 моль/л) сумма хлорофиллов а и б была выше контроля на 53% и 36% соответственно.

Адаптацию растений к условиям среды также можно оценить по ростовым показателям. Достоверных изменений длины корней и листьев выявлено не было (табл. 2). Выявлена отрицательная корреляция (r= -0,64) между показателями: интенсивность процессов ПОЛ в листьях и длина проростков. В вариантах с наибольшим количеством МДА в листьях (МФК и МФК+ЦБ) отмечали снижение линейного роста проростков. При действии МФК (0,01 моль/л) также снижалась длина корней почти на 10% от контроля. Добавка ЦБ *N. muscorum* вызывала некоторую стимуляцию роста корней, как в контрольном варианте, так и в вариантах с использованием МФК (по сравнению с действием чистой кислоты).

Таблица 2

Действие МФК и ЦБ *N. muscorum* на ростовые показатели ячменя

Вариант, концентрация МФК (моль/л)	Длина, см	
	корни	листья
Контроль (0)	10,07±1,93	15,14±1,51
Контроль (0) +ЦБ	11,42±2,06	15,16±1,62
МФК (0,01)	8,16±1,87	13,95±1,78
МФК (0,01) +ЦБ	9,34±1,98	14,41±1,55
МФК (0,05)	10,33±2,20	14,91±1,27
МФК (0,05)+ЦБ	11,54±2,38	14,57±1,44

Таким образом, цианобактериальная обработка семян *N. muscorum* оказывала фитопротекторное действие на растения ячменя, стимулировала накопление хлорофиллов и каротиноидов, как при выращивании растений на чистом субстрате, так и в условиях загрязнения МФК. Также предварительная цианобактериальная обработка семян вызывала снижение фитотоксического действия МФК на рост растений, что в большей мере проявилось на высоте надземных органах.

Литература

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23–30.

Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Влияние цианобактерии *Nostoc muscorum* на устойчивость растений ячменя к действию метилфосфоновой кислоты // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 2. С. 61–66.

Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.

Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В. В. Игнатова. М.: Наука, 2005. 262 с.

Огородникова С. Ю., Головко Т. К., Ашихмина Т. Я. Реакции растений на действие метилфосфоновой кислоты // Теоретическая и прикладная экология, 2007. № 1. С. 78–83.

Савельева Е. И., Зенкевич И. Г., Кузнецова Т. А., Радилов А. С., Пшеничная Г. В. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 6. С. 82–91.

Трефилова Л. В. Использование цианобактерий в агробиотехнологии: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Саратов, 2008. 26 с.

Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–171

Quinn J. P., Peden J. M. M., Dick R. E. Carbon-phosphorus bond cleavage by grampositive and gram-negative soil bacteria // Appl. Microbiol Biotechnol. 1989. V. 31. P. 283–287.

ВЛИЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ АНТОЦИАНОВ В ЛИСТЬЯХ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В МЕДЬЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ

Е. А. Горностаева [1], С. Ю. Огородникова [2, 3]

[1] Вятский государственный университет,

[2] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

[3] Вятский государственный гуманитарный университет,

g_lentochka@mail.ru

Медь – один из важнейших микроэлементов, недостаточное содержание которого в почвах негативно влияет на жизнедеятельность организмов. Но избыточные концентрации тяжелого металла (ТМ) оказывают неблагоприятное воздействие. Это воздействие особенно сильно проявляется в последние десятилетия, когда в процессы миграции ТМ в природной среде интенсивно включилась антропогенная деятельность человечества (Ильин, Сысо, 2001; Заварзин, 2003). Так, источниками поступления меди в окружающую среду (ОС) являются промышленность, теплоэнергетика, транспорт и муниципальные отходы, газопылевые выбросы и сточные воды предприятий химической, металлургической промышленности (Давыдова, 1991).

Значительное количество меди попадает и в растения. Для своей защиты фотосинтезирующие организмы используют различные защитные вещества, включая и антоцианы. Антоцианы – это природные красящие вещества из группы флавоноидов – сильные антиоксиданты и вторичные метаболиты. Антоцианы нужны не только для того, чтобы яркой окраской привлекать насекомых-опылителей и распространителей семян, но и для борьбы с различными типами стрессов. По содержанию в растении антоцианов можно судить о степени токсичности загрязнителей в ОС. При увеличении биосинтеза антоциановых пигментов и, соответственно, снижении окислительных повреждений наблюдается неспецифическая реакция на стресс. Так, растения, содержащие

большое количество антоцианов, обладают повышенной устойчивостью к загрязнению воздуха газами городской среды (Масленников, Бородей, 2001).

Цель работы – изучить влияние возрастающих концентраций меди на изменение содержания антоциановых пигментов в листьях высших растений – горчицы, пшеницы, гороха, предварительно обработанных цианобактериями *Fischerella muscicola* (Thur.) Gom. № 300 и *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flah. № 271.

Полевой микроделяночный опыт был заложен на опытном поле ВГСХА в 2012 г., включал 27 вариантов в 3-х кратной повторности. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая; pH – 4,1; гумус – 1,86%; P_2O_5 – 145,5 мг/кг; K_2O – 127,5 мг/кг; S – 13,3 мг/кг; Cu – 0,22 мг/кг (фоновое содержание). Площадь учетной делянки – 0,24 $м^2$.

В качестве объектов исследования были выбраны представители разных семейств: злаковые – пшеница сорта Ирень (*Triticum aestivum*), бобовые – горох сорта Лучезарный (*Pisum sativum*), крестоцветные – горчица белая (*Sinapis alba*).

Для предпосевной обработки семян использовали штаммы цианобактерий (ЦБ) *N. linckia* и *Fisch. muscicola*. Культуры ЦБ выращивали на среде Громова № 6 без азота в течение 3-х недель в люминостате при постоянной температуре (+25°) и освещении (3000 лк). Инокулят доводили до титра $8{,}3 \cdot 10^8$ кл./мл разбавлением исходной культуры дистиллированной водой. Перед посевом семена предварительно замачивали в инокуляте в течение 12 ч.

В качестве поллютанта использована медь в виде соли (CuSO4·5H2O) в концентрациях 3 и 300 мг/кг, что соответствует 1 и 100 ПДК для почвы. Водные растворы токсикантов вносили в почву после посадки семян, проливая 10-15 см верхнего горизонта. Были выделены контрольные варианты для каждой серии опытов. Это варианты, в которых обработка семян ЦБ не проводилась.

Количественное определение антоциановых пигментов проводили в листьях растений (Муравьева и др., 1987), расположенных в 30 см от поверхности почвы, в возрасте культур – 9 недель по методике.

Опыты показали, что цианобактериальная обработка семян пшеницы в вариантах на фоновых территориях не приводит к стимуляции выработки антоциановых пигментов (рис. 1а). Напротив, наблюдается снижение содержания пигментов до 21,9% (*N. linckia*) и до 37,5% (*Fisch. muscicola*), по сравнению с контролем. Вероятно, это связано с малым содержанием Cu^{2+} в почве фоновой территории – 0,22±0,02 мг/кг.

При высоких концентрациях Cu^{2+} (300 мг/кг) также замечено уменьшение содержания низкомолекулярных антиоксидантов в листьях пшеницы – 15,6% и 35,6% к контролю при обработке ЦБ *N. linckia* и *Fisch. muscicola*.

Под действием высоких концентраций ТМ наблюдается угнетение синтеза и деградация антоцианов в растительных клетках. Вероятно, это обусловлено тем, что в стрессовых условиях в растениях генерируются активные формы кислорода, которые могут вызвать в клетках окислительные повреждения многих веществ, включая липиды мембран (Тарчевский, 2002). При концентрации меди в почве 3 мг/кг прослеживается усиление интенсивности защитных окис-

лительных процессов, которое направлено на снижение окислительных повреждений под действием стресс-факторов. Так, предпосевная обработка семян пшеницы ЦБ Fisch. muscicola повышает содержание антоцианов на 22,5% выше контроля. Ранее нами установлено, что разные по строению и свойствам поллютанты (Pb, нефть) повышают уровень антоциановых пигментов в растительных тканях (Басалаева, Огородникова, 2010).

Уровень накопления антоциановых пигментов в горохе также зависит от концентрации ТМ в почве. Как и в варианте с пшеницей, наиболее интенсивное образование пигментов в листьях гороха прослеживается в вариантах с обработкой семян Fisch. muscicola и содержанием меди в почве 3 мг/кг (рис. б). Наблюдается запуск антиоксидантной системы, который выражается в накоплении антоцианов и является ответной реакцией организма на окислительный стресс.

В контроле зафиксированы самые низкие значения пигментов как при обработке ЦБ Fisch. muscicola, так и N. linckia: -50,6% и -12,4% ниже контроля. Значения ниже фонового наблюдаются и в варианте с содержанием Cu^{2+} в почве 300 мг/кг. Снижение количества антоцианов связано с разрушением веществ, которые отвечают за целостность клетки. Но в целом, результаты выше, чем в контрольном варианте.

Таким образом, инокуляция семян гороха ЦБ Fisch. muscicola приводит к более интенсивному накоплению антоцианов – веществ с антиоксидантными свойствами в процессе вегетации – растений.

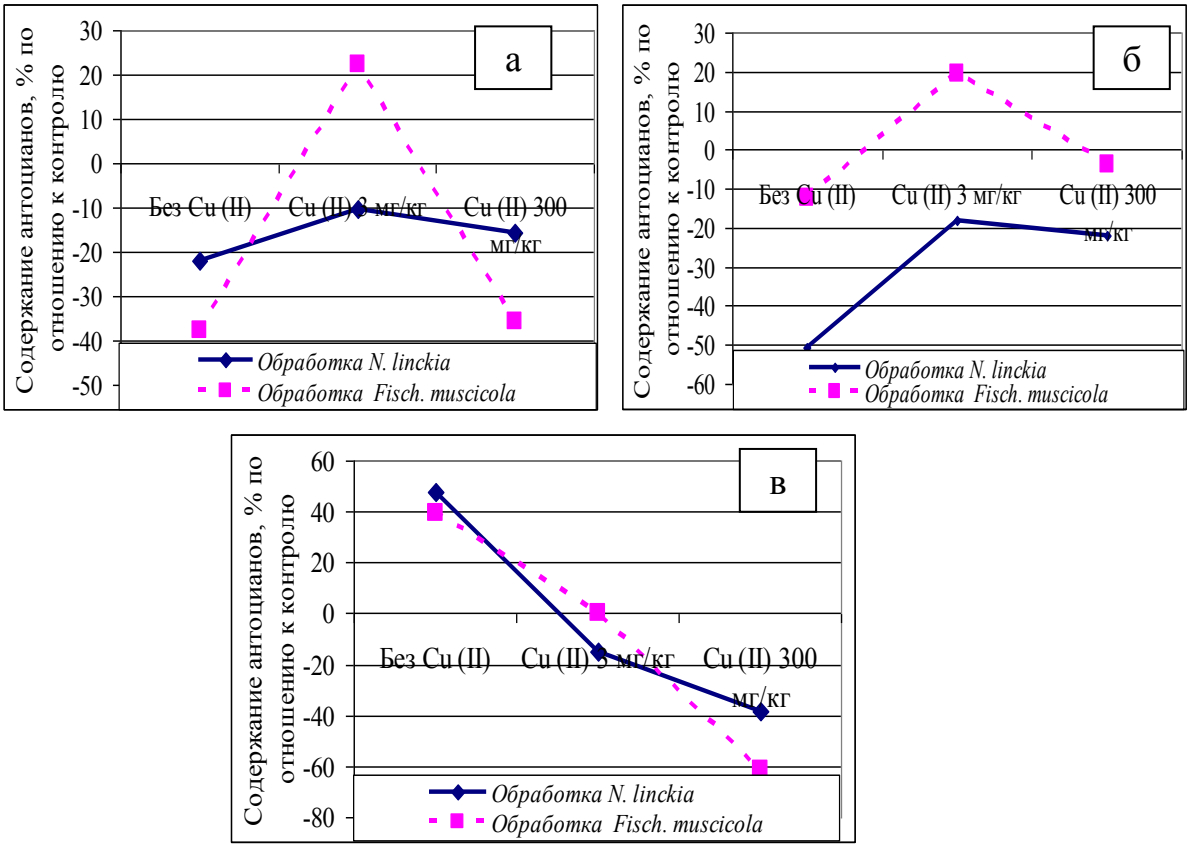


Рис. Влияние ионов меди (II) на содержание антоцианов в листьях пшеницы (а), гороха (б), горчицы (в), инокулированных цианобактериями (в % от контроля)

Максимальные значения накопления антоцианов в горчице отмечается у растений в почве фоновой территории при обработке семян горчицы ЦБ *N. linckia* и *Fisch. muscicola* – -47,92% и 39,6% соответственно (рис. в).

Прослеживается общая тенденция: с увеличением концентрации Cu^{2+} уменьшается накопление антоцианов в горчице, подтверждается и величиной коэффициента корреляции Пирсона: $r_П$ (*N. linckia*) = -0,7146 и $r_П$ (*Fisch. muscicola*) = -0,9244. Вероятно, это обусловлено тем, что происходит усиление токсического эффекта Cu^{2+} растительно-цианобактериальным комплексом (Горностаева, 2015).

Таким образом, ассоциация горчицы белой, ЦБ *Fisch. muscicola* и *N. linckia* вызывает увеличение количества антоцианов, что может быть обусловлено индивидуальными взаимоотношениями исследуемых ЦБ и высшего растения. Также усиление фиторемедиационных способностей *S. alba* при цианобактериальной обработке может быть вызвано адаптационными перестройками растения. Падение уровня пигментов с увеличением роста ТМ в почве может быть вызвано нарушением целостности мембран, инактивацией ферментов и разрушением нуклеиновых кислот, поскольку под действием ТМ в клетках инактивируются окислительные процессы (Полесская, 2007).

Таким образом, предпосевная цианобактериальная инокуляция семян оказывает влияние на содержание антоциановых пигментов в растении и является показателем уровня извлечения меди из почвы.

Литература

Басалаева Л. А., Огородникова С. Ю. Влияние химического загрязнения на синтез антоциановых пигментов растениями ячменя // Экология родного края проблемы и пути их решения: Материалы 4-й обл. науч.-практ. конф. молодежи. Киров, 2009. С. 117–118.

Горностаева Е. А. Влияние ионов меди и никеля на почвенные цианобактерии и цианобактериальные сообщества: Автореф. дис. … канд. биол. наук. М., 2015. 26 с.

Давыдова С. Л. О токсичности ионов металлов. М.: Знание, 1991. 32 с.

Заварзин Г. А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. С. 348.

Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.

Муравьева Д. А., Бубенчикова В. Н., Беликов В. В. Спекторофотометрическое определение суммы антоцианов цветках василька синего // Фармакология. 1987. Т. 36. С. 28–29.

Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: Изд-во КДУ, 2007. 140 с.

Тарчевский В. И. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002. 294 с.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГЛУТАТИОНСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ СУЛЬФАТА МЕДИ (II) НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ И ИНТЕНСИВНОСТЬ БИОХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КУЛЬТУРЫ ПОЧВЕННЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Е. И. Лялина, А. И. Фокина, С. А. Сивкова, В. С. Катаргина
Вятский государственный гуманитарный университет,
lyalina.ekaterina@inbox.ru

Медь является важнейшим микроэлементом (Matos et. al., 2011). Гомеостаз концентрации ионов меди в клетках у млекопитающих регулируется различными связывающими медь белками и тиолами, в том числе глутатионом (Maryon et. al., 2013). Влияние продуктов взаимодействия ионов меди Cu^{2+} и глутатиона восстановленного (GSH) на живые организмы практически не изучено, поэтому целью работы стало исследование влияния состава глутатионсодержащих растворов сульфата меди (II) на жизнеспособность и интенсивность биохемилюминесценции культуры цианобактерий (ЦБ) рода *Nostoc*.

Объекты исследования – растворы сульфата меди (II) с концентрацией ионов меди Cu^{2+} 0,1; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 мг/дм^3 и растворы с аналогичной концентрацией ионов металла, но с добавлением GSH в мольном соотношении Cu:GSH равном 1:4. Исследовали влияние состава растворов на культуру почвенных ЦБ *Nostoc paludosum 18* из коллекции кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ВятГСХА. Соотношение биомассы культуры с исследуемыми растворами составляло 0,02 мг ЦБ/см^3 раствора. В качестве контроля использовали дистиллированную воду.

Для определения содержания меди (II) в растворе и биомассе организмов использовали методы потенциометрии и инверсионной вольтамперометрии. Жизнеспособность культуры ЦБ определяли тетразольно-топографическим методом (Домрачева и др., 2011), интенсивность биохемилюминесценции (ИБХЛ) на приборе БХЛ-07.

Установлено, что сульфат меди (II) приводит к снижению жизнеспособности и ИБХЛ исследуемой культуры организмов, лизису клеток. Добавление GSH положительно сказывается на состоянии культуры, увеличивается процент живых организмов, что выражается в повышении жизнеспособности и ИБХЛ. Однако с увеличением количества сульфата меди (II), внесенного в раствор, как без глутатиона, так и с ним, жизнеспособность и ИБХЛ организмов снижается (рис. 1, табл.).

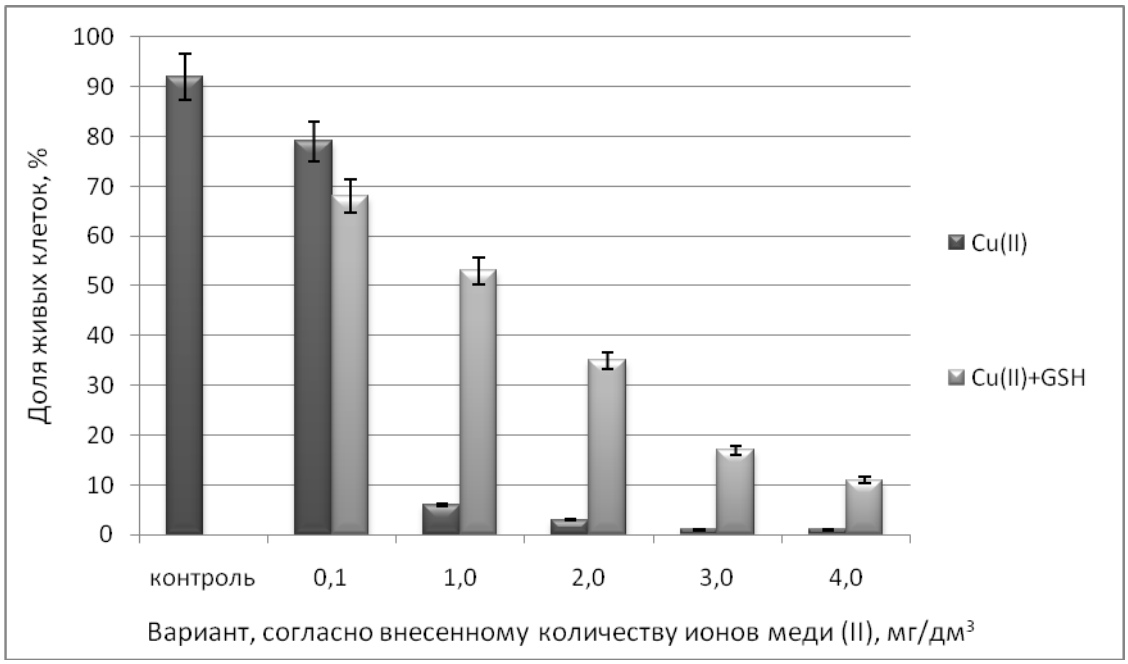


Рис. 1. Влияние состава глутатионсодержащих растворов $CuSO_4$ на жизнеспособность ЦБ

Таблица

Влияние состава глутатионсодержащих растворов $CuSO_4$ на ИБХЛ ЦБ

Вариант (согласно внесенному количеству ионов меди, мг/дм^3)	Через час экспозиции культуры с раствором, S (мВ•сек)	Через 24 часа экспозиции культуры с раствором, S (мВ•сек)
0	1129±148	981±46
0,1	1563±235	636±105
1	755±14	626±27
2	526±43	321±11
3	277±17	89±3
4	224±22	101±3
0,1+GSH	1544±196	1334±88
1+GSH	1364±29	1671±139
2+GSH	928±78	1197±81
3+GSH	689±39	700±64
4+GSH	707±55	896±30

Химический анализ показал, что концентрация, не связанных глутатионом ионов меди (II) в растворе увеличивается синхронно с увеличением количества внесенного в раствор иона меди (II) (внесенное количество/найденное после смешения раствора соли меди и GSH, мг/дм^3): 0,1/0,042±0,001; 1,0/0,08±0,002; 2,0/0,13±0,01; 3,0/0,17±0,01; 4,0/0,21±0,01 мг/дм^3. Коэффициент корреляции Пирсона между значениями концентрации ионов меди (II) в растворе после добавления GSH и жизнеспособностью культуры составил -0,89, что говорит о тесной обратной связи указанных характеристик, и о том, что негативное воздействие оказывают свободные ионы меди (II).

Установлено, что в растворах, где вносили ионы меди (II) в количествах, превышающих 1 мг/дм^3 без добавления GSH, бионакопление металла больше,

чем в растворах с добавлением GSH (рис. 2), что возможно и стало причиной меньшей жизнеспособности по сравнению с глутатионсодержащими вариантами. Некоторое усиление поглощения ионов меди ЦБ из раствора с концентрацией ионов меди (II) равной 1 мг/дм^3 в присутствии GSH согласуется с данными, полученными при исследовании культуры *N. linckia* (Фокина и др., 2015).

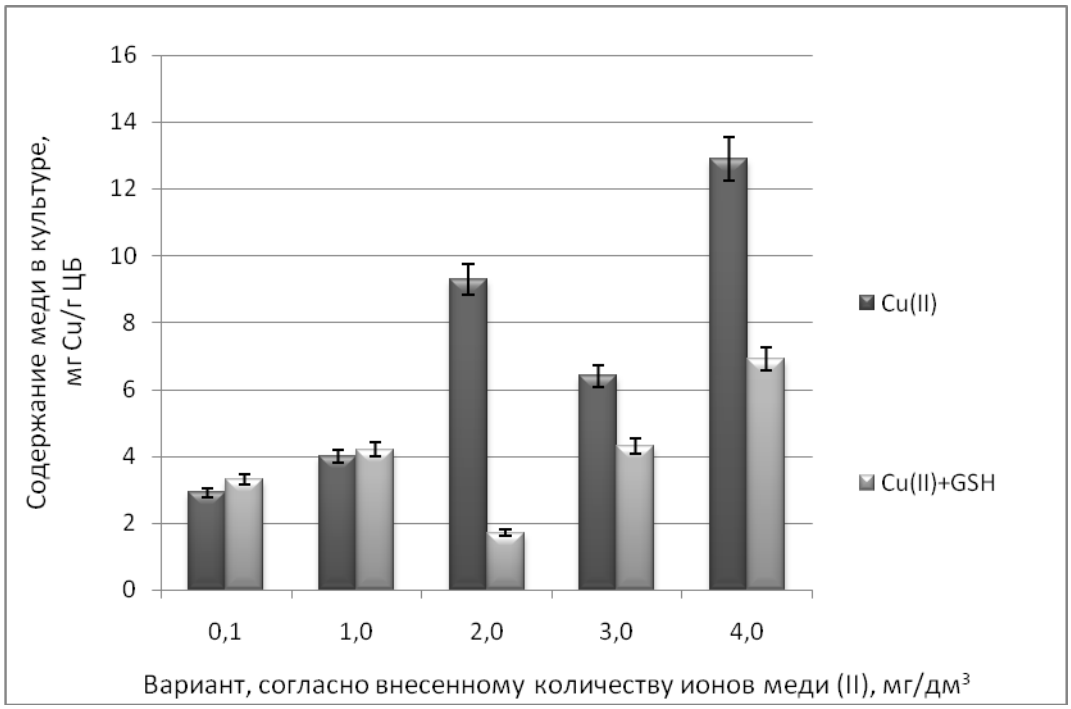


Рис. 2. Влияние состава глутатионсодержащих растворов $CuSO_4$ на жизнеспособность ЦБ

Выявлено протекторное действие GSH по отношению к ионам меди, внесенных в количествах более 1 мг/дм^3. Полученные данные указывают на существенное влияние солей меди на жизнеспособность и ИБХЛ исследованной культуры ЦБ, что позволяет применять данные микроорганизмы в качестве тест-объектов, а жизнеспособность и ИБХЛ в качестве тест-функций при определении токсичности сред, содержащих глутатионсодержащие соединения меди.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-3964.2015.5.

Литература

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 113–120.

Фокина А. И., Лялина Е. И., Олькова А. С., Даровских Л. В. Исследование закономерностей биоаккумуляции меди представителями автотрофных и гетеротрофных организмов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 6. С. 50–56.

Maryon E. B., Molloy S. A., Kaplan J. H. Cellular glutathione plays a key role in copper uptake mediated by human copper transporter 1 // Am J. Physiol. Cell Physiol. 2013. № 304. P. 768–779.

Matos L., Gouveia A., Almeida H. Copper ability to induce premature senescence in human fibroblasts // American Aging Association. 2011. P. 783–794.

ВЛИЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИИ *FISCHERELLA MUSCICOLA* И АЗИДА НАТРИЯ НА РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Е. С. Субботина [1], Д. В. Казакова [1], Л. В. Трефилова [1], Ю. Н. Зыкова [1], Л. И. Домрачева [1, 2]

[1] Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
[2] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В настоящее время при выращивании сельскохозяйственных и декоративных культур для борьбы с вредителями и болезнями растений применяют как биологические, так и химические препараты. При использовании любых препаратов имеются преимущества и недостатки. В частности, использование химических препаратов может оказывать вредное действие на полезные организмы. А применение биопрепаратов часто имеет нестабильный характер из-за климатических особенностей, из-за конкуренции с почвенной микрофлорой. Кроме того, вероятна опасность того, что введение в почвенные ценозы посторонних микроорганизмов приведет к определенным изменениям статуса и функционирования автохтонных микробных комплексов в нежелательную сторону. Поэтому использование любых средств защиты растений сопровождается сопутствующим анализом состояния аборигенной микрофлоры.

Так, подобные анализы были выполнены нами при выращивании бобовой культуры лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.). Предпосевную инокуляцию семян проводили следующими видами микроорганизмов: клубеньковыми бактериями *Rhizobium loti*, цианобактерией (ЦБ) *Fischerella muscicola* и микромицетом *Fusarium culmorum* в виде монокультур и в различных сочетаниях (ди- и тривидовые инокулюмы). Выбор микробов-интродуцентов был обусловлен необходимостью разработки дополнительных путей стимуляции клубеньковых бактерий, обеспечивающих максимальный уровень активности в симбиозе с бобовым растением. Поэтому ЦБ *F. muscicola* была выбрана в качестве биостимулятора и для ризобиума, и для лядвенца, а при использовании *Fus. culmorum* предполагалось изучение антагонистической активности фишереллы (Домрачева и др., 2014). Данные исследования показали, что в течение года после посева инокулированных семян лядвенца рогатого всё ещё проявляется действие интродуцированной микрофлоры на аборигенную, что особенно чётко фиксируется: в интенсификации размножения аммонифицирующих бактерий при внесении монокультуры фитопатогенного гриба; стимуляции размножения сапрофитных свободноживущих азотфиксаторов во всех вариантах с внесением фишереллы; снижением численности грибов в варианте с бинарной смесью *Rhizobium loti* + *Fusarium culmorum*. Микробная интродукция практически не повлияла на развитие водорослей в почве. Однако только в вариантах с инокуляцией *F. muscicola* наблюдалось размножение в почве ЦБ, что существенно повлияло

как на общую численность фототрофных микроорганизмов, так и на структуру фототрофных популяций (Домрачева и др., 2015).

При выращивании декоративного подсолнечника сорта «Медвежонок» мы использовали варианты с предпосевной обработкой семян биологическим агентом – альгологически чистой культурой ЦБ *F. muscicola* и химическим агентом – 0,1% раствором азида натрия (далее просто азид натрия). Выбор используемых агентов был обусловлен тем, что данный вид ЦБ в серии лабораторных и полевых опытов проявил себя как активный антагонист по отношению к фитопатогенам и стимулятор роста по отношению к высшим растениям. Азид натрия (NaN_3) используется для синтеза органических азидов, как прекурсор для получения других азидных соединений, для получения особо чистого азота и в других целях. В серии полевых опытов на посевах смеси газонных трав был доказан сильный гербицидный эффект азида натрия. Проведение сопутствующих анализов по изучению состояния почвенных микробоценозов показало, что это соединение стимулирует размножение бактерий-аммонитрификаторов и олигонитрофилов, микромицетов, а также водорослей и ЦБ (Ашихмин и др., 2013).

Цель данной работы – определить состояние аборигенной фототрофной микрофлоры почвы под посевами подсолнечника сорта «Медвежонок» после предпосевной цианобактериальной и азидной обработки семян.

Опыты выполняли в трехкратной повторности на делянках площадью 0,25 $м^2$ с защитной полосой 0,25 $м^2$ на территории, прилегающей к корпусу «А» ВГСХА.

Почвенные образцы для альгологического анализа отбирала дважды – в июне и сентябре с глубины 0–5 см.

Состояние аборигенной микрофлоры изучали путем прямого микроскопического учета водорослей и цианобактерий на мазках и путем прямого микроскопического учета на стеклах обрастания при инициировании развития поверхностных альго-цианобактериальных комплексов. Инициацию развития этих комплексов проводили путем экспонирования почвенных образцов, отобранных в сентябре и увлажненных до 60% от полной влагоемкости при естественном освещении в течение 3-х недель.

Результаты и обсуждение. Определение численности популяций водорослей и ЦБ в почве через месяц после посева семян (июнь) выявило, что в разных вариантах опыта этот показатель колеблется в широких пределах (табл. 1). Выделяются 2 группы значений – в пределах 500 тыс. кл./г (1 и 3 варианты) и в пределах 1500 тыс. кл./г почвы (2 и 4 варианты). Развитие фототрофов в контроле и в варианте с внесением азида натрия происходит по классической схеме сезонной сукцессии, наблюдаемой в нашей зоне: в весенний и раннелетний период фототрофные группировки почвы представлены только эукариотными водорослями. Как правило, в естественных условиях размножение ЦБ начинается только во второй половине лета. Наблюдаемая картина (табл. 1) свидетельствует о том, что цианобактериальная инокуляция семян способствует дальнейшему размножению этих организмов в почве. Поэтому в вариантах с внесением

F.muscicola, помимо водорослей, в ходе прямого микроскопического учета обнаружены и ЦБ.

Таблица 1

Влияние цианобактериальной и химической обработки семян подсолнечника на численность автохтонной фототрофной микрофлоры почвы через 1 месяц после посева семян подсолнечника (тыс. клеток/г)

Вариант	Водоросли	Цианобактерии	Всего
1. Контроль	500±100	Не обнаружены	500±100
2. *Fischerella muscicola*	370±100	1030±40	1400±140
3. Азид натрия	430±110	Не обнаружены	430±110
4. *F. muscicola* + азид натрия	300±80	1200±50	1500±80

Аналогичный количественный учет численности водорослей и ЦБ, проведенный в сентябре (через 4 месяца после посева семян), показывает иную картину состояния фототрофных популяций (табл. 2). В этот период во всех вариантах происходит размножение не только водорослей, но и ЦБ. При этом численность водорослей приблизительно одинаковая всюду (500-800 тыс. кл./г почвы) и лишь незначительно превышает аналогичные показатели, зарегистрированные в июне. Показатели численности клеток ЦБ существенно выше и колеблются в пределах от 2 до 4 млн./г почвы. Вследствие этого показатели суммарной численности микрофототрофов в сентябре существенно выше, чем в июне. Пик развития ЦБ отмечен в варианте, где происходила предпосевная обработка семян подсолнечника альгологически чистой культурой ЦБ *F. muscicola*. Таким образом, вероятно, даже через 4 месяца определенный вклад в цианобактериальный внутрипочвенный комплекс вносит фишерелловый инокулюм.

Азид натрия, нейтральный к фототрофным микроорганизмам на начальных этапах действия (через 1 месяц), тем не менее, через 4 месяца после попадания в почву выступает в качестве определенного стимулятора размножения для ЦБ (табл. 2).

Таблица 2

Влияние цианобактериальной и химической обработки семян подсолнечника на численность автохтонной фототрофной микрофлоры почвы через 4 месяца после посева семян подсолнечника (тыс. клеток/г)

Вариант	Водоросли	Цианобактерии	Всего
1. Контроль	800±15	1967±68	2767±83
2. *Fischerella muscicola*	770±50	4000±122	4770±172
3. Азид натрия	670±150	2870±250	3540±400
4. *F. muscicola* + азид натрия	530±5	2900±90	3430±95

Сравнение структуры популяций фототрофных микроорганизмов на различных стадиях сезонной сукцессии показывает, что вносимый в почву биологический агент в определенной степени влияет на статус данных микробных сообществ через повышение уровня доминирования ЦБ в течение всего вегетационного сезона (рис. 1).

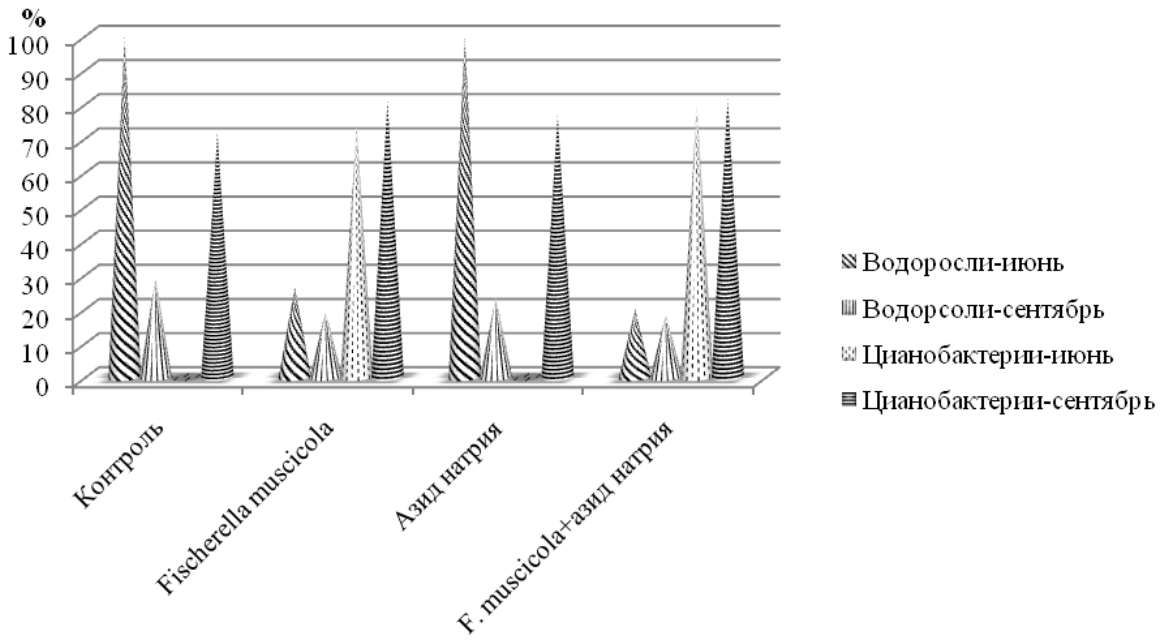


Рис. 1. Влияние цианобактериальной и химической обработки семян подсолнечника на структуру внутрипочвенных фототрофных микробных комплексов (%)

Изучение особенностей наземных альгоценозов, развивающихся на стеклах обрастания в чашках Петри из внутрипочвенного пула фототрофов почвенных образцов, отобранных в сентябре, также показало, что максимальное развитие ЦБ характерно для варианта с предварительной обработкой семян *F. muscicola* (табл. 3). Во всех опытных вариантах также наблюдается интенсификация размножения водорослей, по сравнению с контролем. В одном варианте (с применением азида натрия) – почти паритетное представительство водорослей и ЦБ.

Таблица 3

Влияние цианобактериальной и химической обработки семян подсолнечника на численность фототрофной микрофлоры наземных разрастаний (тыс. клеток/г)

Вариант	Водоросли	Цианобактерии	Всего
1. Контроль	9,2	61,4	70,6
2. *Fischerella muscicola*	19,1	90,9	110,0
3. Азид натрия 0,1%	35,2	46,4	81,6
4. .*F. muscicola*+азид натрия	20,5	62,3	82,8

Анализ структурных особенностей поверхностных альгоценозов показал, что численность ЦБ является максимальной в тех вариантах, где происходила инокуляция семян *F. muscicola*, достигая 75,3–86,9% (рис. 2).

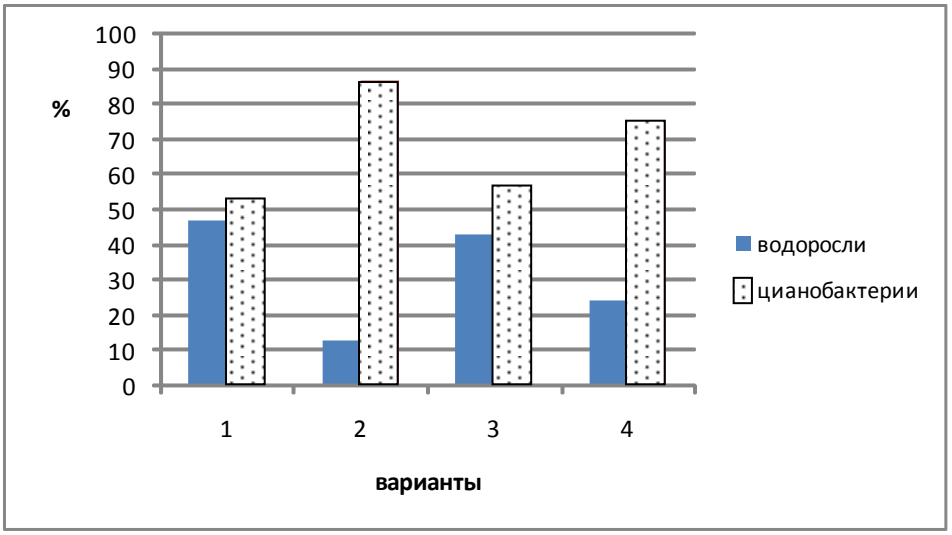


Рис. 2. Влияние цианобактериальной и химической обработки семян подсолнечника на структуру наземных фототрофных микробных комплексов (%)

Примечание: 1. Контроль. 2. *Fischerella muscicola*. 3. Азид натрия. 4. *Fischerella muscicola* + азид натрия.

Таким образом, последействие предпосевной обработки семян лядвенца рогатого ЦБ *F. muscicola* и азидом натрия проявляется в определенных изменениях статуса фототрофных микробных комплексов. Так, интродукция фишереллы стимулирует ускорение хода сезонной сукцессии, что приводит к раннелетнему появлению в составе альгоценозов цианобактериального компонента. Именно в вариантах с внесением *F. muscicola* и в наземных, и во внутрипочвенных комплексах во все сроки наблюдения зафиксировано доминирование ЦБ, а водоросли выступают как минорное звено. Не так однозначно действие азида натрия, который стимулирует размножение ЦБ во внутрипочвенных комплексах, однако в наземных разрастаниях, в первую очередь, оказывает влияние на размножение эукариотных водорослей. Данный эффект не проявляется при одновременном применении азида натрия и *F. muscicola*.

Исходя из полученных результатов, проведенные исследования доказывают безопасность для почвенной фототрофной микрофлоры применение в качестве инокулята при посеве семян декоративного подсолнечника сорта «Медвежонок» ЦБ *F. muscicola*. Опыты с использованием азида натрия следует продолжить.

Литература

Ашихмин С. П., Жданова О. Б., Мартусевич А. К., Домрачева Л. И. Перспективы применения соединений азота для дезинвазии урбаноземов. Экологическое обоснование и практические вопросы. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. 62 с.

Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Малыгина О. Н., Новокшонова Н. В. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на всхожесть и интенсивность образования клубеньков // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 67–72.

Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностаева Е. А., Казакова Д. В., Субботина Е. С. Микробная интродукция и состояние почвенной аборигенной микрофлоры // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 2. С. 55–59.

ИНГИБИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ

Т. Н. Козлова, Д. С. Чекмазова, В. А. Арляпов
Тульский государственный университет,
kozlovatatyana_1993@mail.ru

Важную роль в решении задач экологического мониторинга играют микробные биосенсоры, которые перспективны как анализаторы в силу простоты и надежности конструкции, низкой стоимости биологического материала. Уникальной характеристикой микроорганизмов является их способность окислять широкий спектр органических соединений. Это дает возможность относительно простыми способами, используя принцип регистрации клеточного дыхания, формировать биосенсоры для детекции различных органических соединений. Для оценки степени загрязненности воды в настоящее время широко применяется параметр, определенный как «индекс БПК» (индекс биохимического потребления кислорода). Классический метод определения БПК основан на тестах, продолжительность которых составляет 5, 10 или 20 суток ($БПК_5$, $БПК_{10}$ и $БПК_{20}$ соответственно) (Kolenbrander, 1999). Альтернативой являются экспрессные методы определения БПК с использованием биосенсорных анализаторов, основанные на применении микроорганизмов, способных метаболизировать широкий спектр органических соединений (Ohshima, Kondo, 2001).

При разработке биосенсора для экологического мониторинга сточных вод важной задачей является формирование его рецепторного элемента. Одними из основных критериев при выборе штаммов микроорганизмов являются наличие у них развитой полиферментативной системы, которая позволяет быстрее адаптироваться к новой среде и гибко реагировать на наличие веществ, обеспечивающих нормальное течение биохимических процессов в клетке, и устойчивость к негативному влиянию факторов окружающей среды.

Промышленная деятельность Тульского региона оказывает влияние на уровень загрязнения водоемов ионами тяжелых металлов. В связи с этим изучение влияния факторов окружающей среды на окислительную активность иммобилизованных микроорганизмов, используемых в качестве биоматериала для рецепторных элементов БПК-биосенсоров, является актуальным.

Целью данной работы является определение влияния pH, солености среды и ионов тяжелых металлов на окислительную активность дрожжей *Arxula adeninovorans* ВКМ Y-2677, *Debaryomyces hansenii* ВКМ Y-2482 и бактерий *Gluconobacter oxydans subsp. industrius* ВКМ B-1280, иммобилизованных в диализную мембрану.

На окислительную способность микроорганизмов, применяемых в качестве биорецепторного элемента БПК-биосенсора, может влиять состав исследу-

емых проб (наличие ионов тяжелых металлов, pH среды, ионная сила раствора). Так, ионы тяжелых металлов обладают как бактериостатичным, так и бактерицидным действием. Механизмы их взаимодействия с ферментами различны: замещение физиологически важных катионов и неметаллсодержащих оксианионов в активных центрах ферментов, связывание функциональных сульфидгидрильных групп и др. Ионная сила раствора, прежде всего, влияет на давление внутри клетки, а зависимость ответа сенсора от ионной силы раствора отражает способность клеток к окислению в средах с высоким осмотическим давлением.

Для определения влияния негативных факторов окружающей среды на микроорганизмы были исследованы зависимости влияния pH, солености раствора и ионов тяжелых металлов на окислительную способность дрожжей *Arxula adeninovorans* ВКМ Y-2677, *Debaryomyces hansenii* ВКМ Y-2482 и бактерий *Gluconobacter oxydans subsp. industrius* ВКМ B-1280, иммобилизованных в диализную мембрану.

Уровень pH среды является одним из факторов, влияющих на активность клеточных ферментов и чувствительность биорецептора к различным субстратам. Изучен характер изменения откликов биосенсора при изменении pH от 5,4 до 8,0, нижней и верхней границ возможных pH буферной системы KH_2PO_4/Na_2HPO_4, которую применяют в качестве стандарта в Российской Федерации и в международной практике при определении $БПК_5$ (ПНДФ 14. 1:2:3:4. 123-97).

Выяснено, что максимальный ответ биосенсора на основе дрожжей *A. adeninovorans* наблюдается в интервале pH 6,6-7,2, на основе бактерий *G. oxydans* – в диапазоне pH 6,0-6,6 и на основе дрожжей *D. hansenii* – в интервале pH 6,8-7,2. Выбранные значения pH приемлемы для анализа реальных образцов воды.

Соленость среды влияет на давление внутри клетки. Зависимость ответа сенсора от концентрации NaCl отражает способность клеток к окислению в средах с высоким осмотическим давлением.

В ходе эксперимента исследована окислительная способность дрожжевых и бактериального штаммов при различных концентрациях NaCl (от 0,5% до 20%). При повышении солености среды происходило незначительное уменьшение концентрации растворенного кислорода.

Установили, что дрожжи *D. hansenii,* иммобилизованные в диализную мембрану, обладают эффективной системой регуляции внутриклеточного осмотического давления и способны окислять субстраты при 20% солености среды, что нельзя сказать о дрожжах *A. adeninivorans* и бактериях *G. oxydans,* у которых окислительная активность значительно падает уже при 7 % солености среды.

Для изучения ингибирующего действия соединений тяжелых металлов была исследована зависимость окислительной способности клеток дрожжей и бактерий от присутствия в растворе ионов Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{3+} и $Cr_2O_7^{2-}$ в диапазоне концентраций, превышающих ПДК рыбхозяйственных водоемов от 10 до 100 раз. Измеряемым параметром был ответ сенсора на добавление ГГС в присутствии солей.

Сильное влияние на дыхательную активность дрожжей *A. adeninovorans* оказывает присутствие в кювете ионов Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+} и $Cr_2O_7^{2-}$. В присутствии в кювете ионов Ni^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{3+} и $Cr_2O_7^{2-}$ окислительная способность бактерий *G. oxydans* снижается более чем на 50% при превышении ПДК в 100 раз. На окислительную активность дрожжей *D. hansenii* сильно влияют только ионы железа (III) и свинца.

Таким образом, наибольшей устойчивостью к негативному влиянию факторов окружающей среды из всех анализируемых микроорганизмов обладают дрожжи *Debaryomyces hansenii* ВКМ Y-2482.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук, договор № 14.Z56.14.330-МК.

Литература

ПНДФ 14. 1:2:3:4. 123-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации ($БПК_{полн}$) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. М., 1997. 25 с.

Kolenbrander P. E. Surface recognition among oral bacteria: multigeneric coaggregations and their mediators // CRC Crit. Rev. Microbiol. 1999. V. 17. P. 137–158.

Ohshima H., Kondo T. On the electrophoretic mobility of biological cells // Biophys. Chem. 2001. V. 39. P. 191–198.

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ МЕТИЛОТРОФНЫХ ДРОЖЖЕЙ *OGATAEA POLYMORPHA*

Т. В. Бурмистрова, Д. Г. Лаврова, О. А. Каманина
Тульский государственный университет,
tatyana.burmistrova.94@mail.ru

В последнее время технология иммобилизации живых клеток для получения гетерогенных биокатализаторов привлекает особый интерес, поскольку устраняет большинство ограничений, с которыми сталкиваются исследователи при работе со свободными клеточными системами (Tan et al., 2011). Особый интерес представляет иммобилизация биоматериала в органосиликатные матрицы, которые позволяют формировать защитные оболочки вокруг клеток с применением золь-гель технологий (Samuneva et al., 2008). Клетки дрожжей в защитной оболочке можно использовать в качестве биокатализаторов, например, при разработке технологий биологической очистки сточных вод.

Известно, что силикатные оболочки вокруг клеток эффективно защищают их от воздействия осмотического давления, механического сдвига, температуры, литических ферментов (Yang et al., 2013). Поэтому важно оценить влияние других стрессовых факторов на дыхательную активность инкапсулированных дрожжей. Для этого проводили оценку дыхательной активности микроорганиз-

мов, инкапсулированных в золь-гель матрицу, и клеток без капсулы в присутствии различных концентраций тяжелых металлов.

Для изучения степени влияния стрессовых факторов на дыхательную активность инкапсулированных клеток метилотрофных дрожжей использовали биосенсорную систему на основе кислородного электрода, поверхность которого находится в непосредственном контакте с инкапсулированными клетками.

В стоках часто содержатся ионы тяжелых металлов, которые оказывают токсичное действие на микроорганизмы и снижают результаты определения метанола. Для выявления защитной функции органосиликатной капсулы проводили сравнительный анализ способности инкапсулированных дрожжей и микроорганизмов без капсулы окислять метанол в присутствии ионов тяжелых металлов. Полученные результаты представили в виде общей диаграммы (рис.).

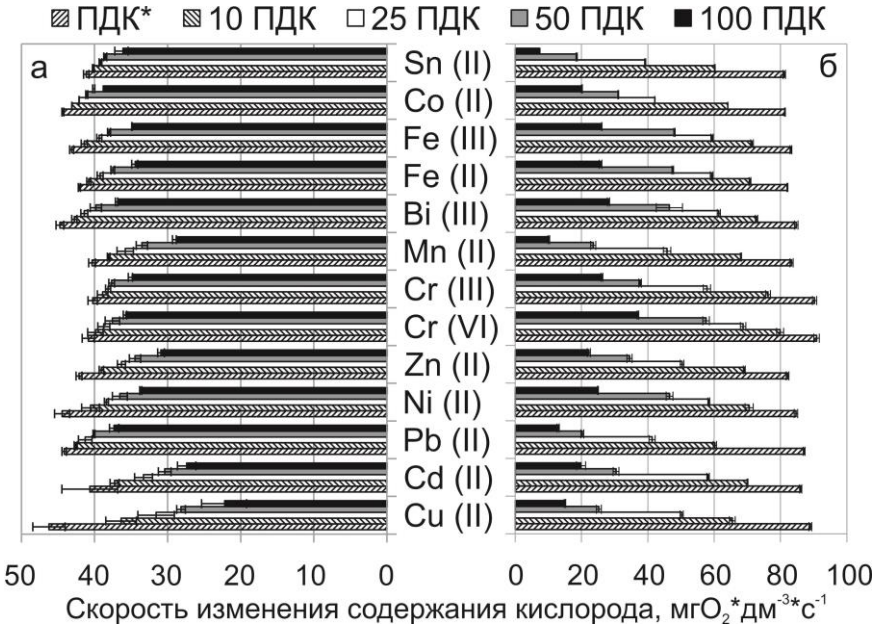


Рис. Влияние ионов тяжелых металлов на дыхательную активность дрожжей: а-иммобилизация в золь-гель матрицу, б – иммобилизация адсорбцией. Значения ПДК использованы в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03

Как показано на рисунке а, величины ответов биосенсора на основе инкапсулированных дрожжей практически не зависят от присутствия всех ионов металлов, за исключением Cu(II) и Cd(II) вследствие их высокой токсичности по отношению ко всем живым организмам. При превышении ПДК в 100 раз снижение ответов составляет не более 20%, в то время как активность дрожжей, не покрытых силикатной капсулой, снижается в несколько раз (рис. б).

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о защитной функции органосиликатной капсулы вокруг клеток метилотрофных дрожжей, инкапсулированных в бимодальную органосиликатную матрицу, что можно использовать как при разработке биотехнологий очистки метанольных стоков, так и в качестве биораспознающих элементов биосенсора для контроля содержания метанола в этих стоках.

Литература

Samuneva B., Kabaivanova L., Chernev G., Djambaski P., Kashchieva E., Emanuilova E., Miranda Salvado I. M., Fernandes M. H. V., Wu A. Sol-gel synthesis and structure of silica hybrid materials // Journal of Sol-Gel Science and Technology. 2008. V. 48. № 1–2. P. 73–79.

Tan S., Wang W., Ge L. Biosensors Based on Sol-Gel-Derived Materials // Comprehensive Biomaterials. Oxford: Elsevier, 2011. P. 471–489.

Yang S., Hong D., Lee J., Ko E. H., Choi I. S. Artificial Spores: Cytocompatible Encapsulation of Individual Living Cells within Thin, Tough Artificial Shells // Small. 2013. V. 9. №. 2. P. 178–186.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ БАКТЕРИЙ *BACILLUS SUBTILIS*

Е. В. Емельянова [1], Е. А. Михина [2], И. В. Шемонаев [3], А. А. Макаренко [3], А. Н. Решетилов [1]

[1] Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрябина РАН,
[2] Самарский государственный университет,
[3] ООО «Эмульсионные технологии»,
elenvem@ibpm.pushchino.ru

Альтернатива применению химических удобрений и средств защиты, нарушающих равновесие в экосистеме, – использование микробных препаратов, в том числе комплексного действия. В них часто используют бактерии рода *Bacillus*. Бациллы группы *Bacillus subtilis* способны мобилизовать фосфор из его соединений, улучшая плодородие почвы, синтезировать регуляторы роста растений, повышая их устойчивость к стрессам и защищая от фитопатогенных микроорганизмов (Мелентьев, 2007). Значительный интерес вызывают эндофитные бактерии рода *Bacillus,* на основе которых создают препараты против патогенов (Максимов и др., 2014). Однако взаимодействие интродуцированных бактерий с компонентами агросистемы, в первую очередь с составляющими почвы, изучено недостаточно.

Одним из главных резервуаров углерода почвы являются гуминовые вещества. На их долю приходится до 60–70% общего углерода. В почве постоянно происходят процессы обмена и взаимодействия между гуминовыми веществами и органическими соединениями, которые синтезируются в почве растениями и микроорганизмами или образуются в процессе деструкции органических остатков.

Немаловажная роль принадлежит микробному углероду почвы в образовании почвами диоксида углерода (одного из парниковых газов). Поэтому данные о дыхательной активности микроорганизмов почвы важны для экологических исследований, а также для прогнозирования.

Целью работы было изучение влияния гуминовых веществ на дыхательную активность клеток бактерий *Bacillus subtilis* в присутствии органических соединений.

Объектом исследований служила грамположительная спорообразующая бактерия *Bacillus subtilis* из коллекции культур ООО «Эмульсионные технологии» (Самарская область).

В качестве источника гуминовых веществ (ГВ) использовали гуминоминеральный комплекс «Гумиком» (марка А), выпускаемый ООО «Эмульсионные технологии» (Емельянова и др., 2014), источника органических соединений (субстратов дыхания) – водные растворы этанола, сорбита, глицерина, глюкозы, арабинозы, ксилозы и уксусной кислоты в концентрации 10 мМ.

Для оценки дыхательной активности бактериальных клеток использовали лабораторную модель биосенсора (Емельянова и др., 2014). Биорецептором в ней служили клетки *B. subtilis*, иммобилизованные методом физической сорбции на подложке, преобразователем – кислородный электрод типа Кларка, регистрируемым параметром – максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения дыхания бактериальных клеток в присутствии органических веществ (в дальнейшем – ответ сенсора). С целью формирования рецепторного элемента, культуру *B. subtilis* выращивали при перемешивании на качалке (200 об/мин, 28 °С) в течение 24-х часов в пробирках с 8 мл пептон-триптонной среды, не содержащей ГВ (контроль) или содержащей 0,0001%, 0,001%, 0,01% или 0,1% ГВ (опыт). Полученную биомассу суспендировали в калий-фосфатном буфере (30 мМ, pH 6,6) до концентрации клеток 100 мг/мл по сырой массе и использовали для формирования рецепторного элемента. Все измерения проводили в том же буфере; после стабилизации дыхания бактерий в буферный раствор вводили 100 мкл раствора органического соединения.

На рисунках 1 и 2 показаны диаграммы изменения дыхательной активности бактерий в ответ на внесение этанола, сорбита, глицерина, арабинозы, ксилозы и глюкозы. Для всех исследованных веществ, как и ранее (Емельянова и др., 2014) с *Gluconobacter oxydans* ВКМ В-1280, был обнаружен немонотонный характер зависимости ответа сенсора от концентрации гуминовых соединений в ростовой среде.

Увеличение концентрации гуматов от 0 до 0,0001% приводило к снижению ответа сенсора на субстрат по сравнению с контролем (за исключением ответа на глицерин и, как и в предыдущем исследовании, на глюкозу).

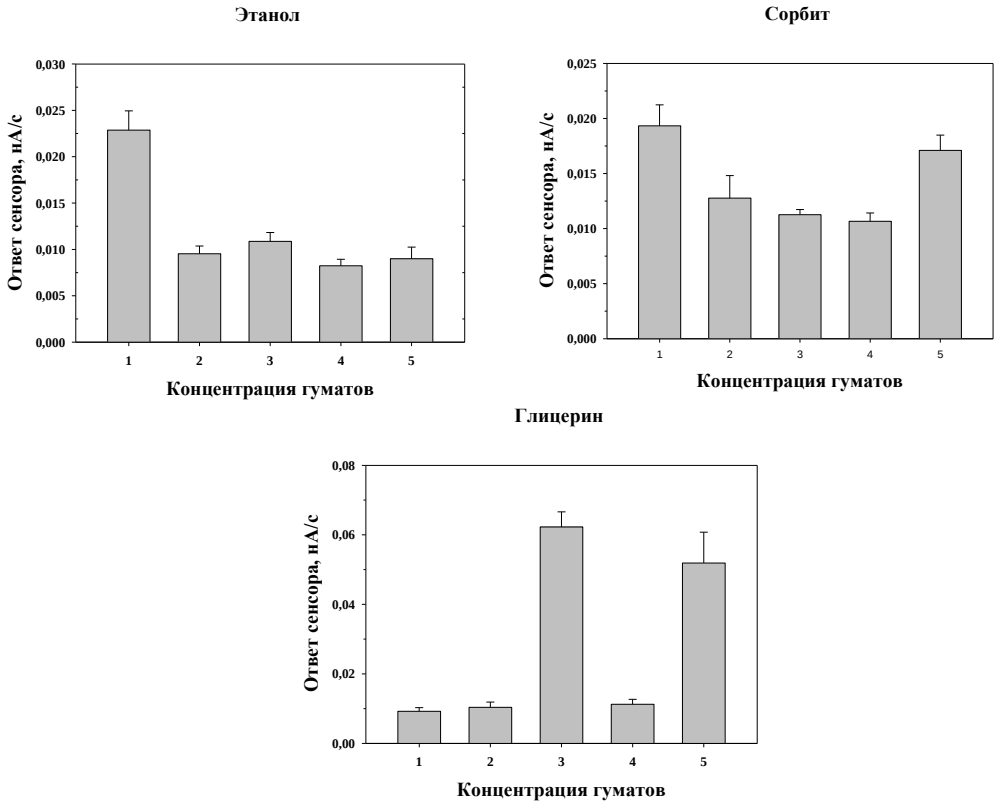


Рис. 1. Изменение дыхательной активности *B. subtilis* (в нА/с) в присутствии спиртов (этанола, сорбита, глицерина), где концентрация ГВ в ростовой среде: 1–0% (контроль); 2–0,0001%; 3–0,001%; 4–0,01%; 5–0,1%

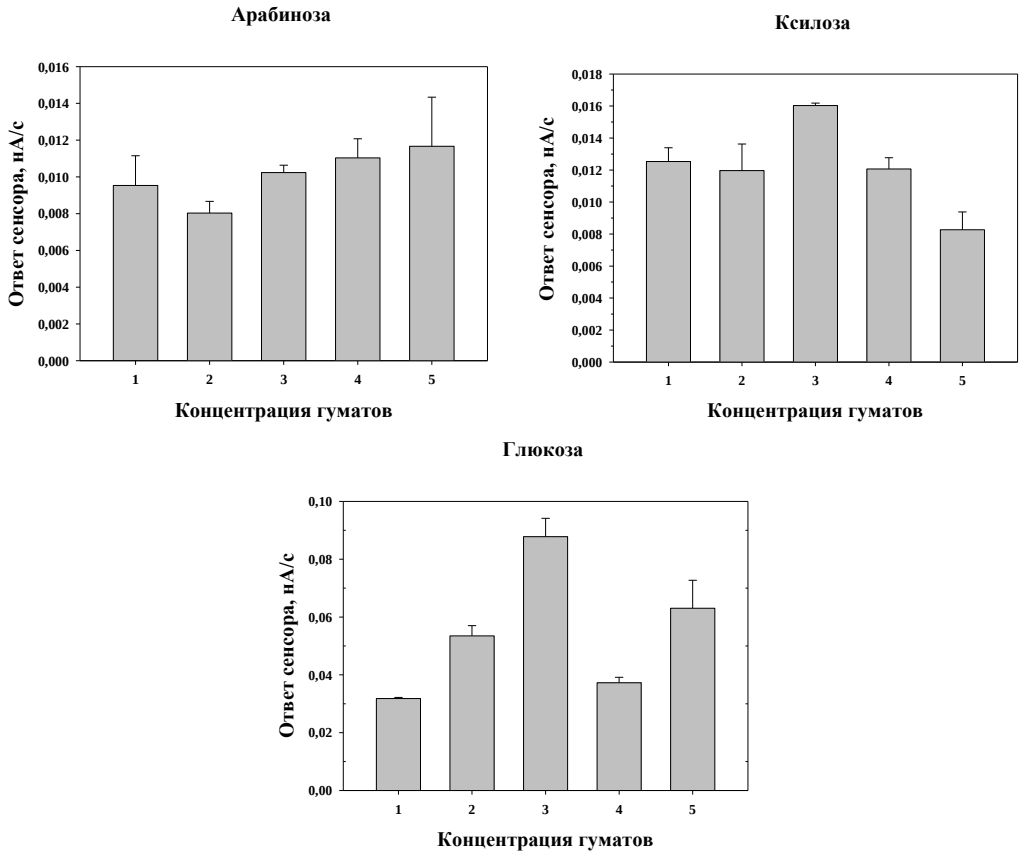


Рис. 2. Изменение дыхательной активности *B. subtilis* (в нА/с) в присутствии сахаров (арабинозы, ксилозы, глюкозы), (условия те же, что на рис. 1)

При дальнейшем увеличении концентраций ГВ в ростовой среде наблюдали увеличение ответа сенсора по сравнению с предыдущим ответом. Однако для одних веществ увеличение ответа было получено при использовании клеток, выращенных при 0,001% ГВ (этанол, ксилоза), для других – при 0,1% гуминовых веществ в ростовой среде (сорбит, арабиноза). Величина этих эффектов также была различной. Для этанола и сорбита увеличение ответа было незначительным. Ответ биосенсора по-прежнему оставался меньше контроля и составлял для этанола только 48% по сравнению с контролем, а для глицерина – около 89% (на всём интервале исследованных концентраций ГВ ингибировали дыхание клеток в присутствии спиртов). Для арабинозы и ксилозы ответ увеличивался не только по сравнению с предыдущим ответом, но и по сравнению с контролем. Был зафиксирован переход от ингибирования к стимулированию дыхания клеток в присутствии сахаров: ответ биосенсора составлял 122% по отношению к контролю для арабинозы и 128% – для ксилозы.

На всём интервале исследованных концентраций ГВ не было зафиксировано ингибирующее воздействие гуминовых веществ на ответ сенсора на глюкозу или глицерин. ГВ стимулировали дыхание *B. subtilis* в присутствии глюкозы или глицерина. Кроме того, на диаграмме «ответ сенсора-концентрация ГВ (в ростовой среде)» (рис. 1 и 2) были получены два максимума: при 0,001% и при 0,1% ГВ. Для глюкозы они составляли, соответственно, 276% и 198% по сравнению с контролем, а для глицерина – 674% и 562%.

Изменение дыхания *B. subtilis* в присутствии уксусной кислоты было исследовано при воздействии ГВ не только на растущие, но и на покоящиеся (иммобилизованные) (Емельянова и др., 2014) бактериальные клетки (рис. 3). В обоих случаях наблюдали переход от ингибирования к стимулированию под действием гуминовых веществ. Максимальный эффект, как и ранее для *Gluconobacter oxydans*, был отмечен при воздействии ГВ на растущие клетки *B. subtilis*: при 0,1% ГВ в ростовой среде он составил 437%, по сравнению с контролем.

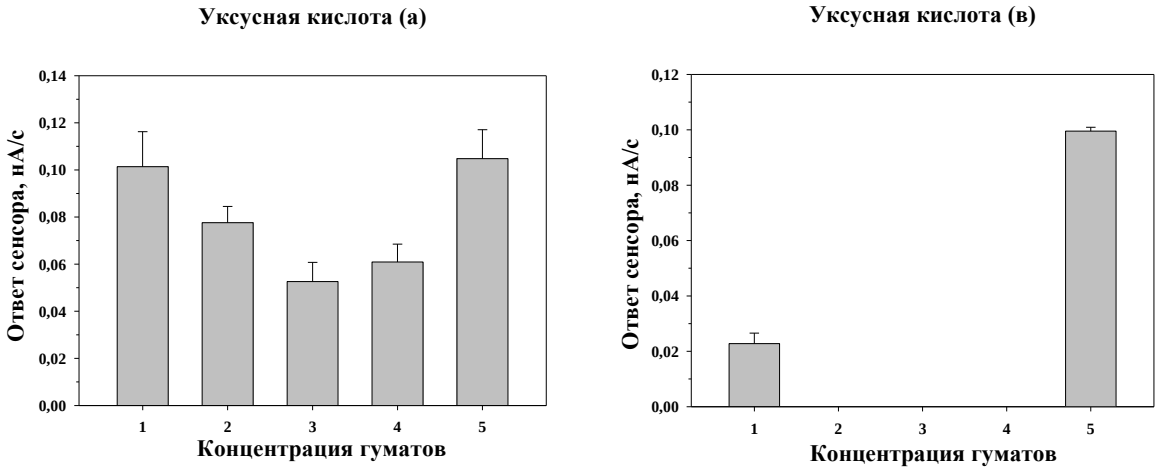


Рис. 3. Изменение дыхательной активности *B. subtilis* (в нА/с) в присутствии уксусной кислоты при воздействии ГВ на покоящиеся (иммобилизованные) (а) и на растущие (в) клетки *B. subtilis*, где концентрация гуматов в ростовой среде или в буфере: 1 – 0% (контроль); 2 – 0,0001%; 3 – 0,001%; 4 – 0,01%; 5 – 0,1%

Таким образом, используя биосенсорную методику, было показано, что гуминовые вещества ингибируют или стимулируют дыхание *B. subtilis* в зависимости от субстрата дыхания и концентрации ГВ при воздействии гуматов на растущие клетки бактерий.

Несмотря на различия в метаболизме *B. subtilis* и *G. oxydans,* для бацилл были зафиксированы эффекты, принципиально похожие на те, что ранее были установлены для *Gluconobacter oxydans* ВКМ В-1280.

Литература

Емельянова Е. В., Савинов А. А., Михина Е. А., Шемонаев И. В., Макаренко А. А., Решетилов А. Н. Влияние гуминового комплекса препарата «Гумиком» на окисление органических веществ бактериальной культурой *Gluconobacter oxydans. //* Агрохимия. 2014. № 8. С. 63–71.

Максимов И. В., Абизгильдина Р. Р., Сорокань А. В., Бурханова Г. Ф. Регуляция пероксидазной активности под влиянием сигнальных молекул и *Bacillus subtilis* 26д в инфицированных *Phytophthora infestans* растениях картофеля // Прикладная биохимия и микробиология. 2014. Т. 50. № 2. С. 197–202.

Мелентьев А. И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus* Cohn в агроэкосистемах. М: Наука. 2007. 147 с.

ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ФОРМАЗАНА В КЛЕТКАХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ *NOSTOC PALUDOSUM* ПОД ВЛИЯНИЕМ АВТОШАМПУНЕЙ

В. С. Симакова [1], С. Ю. Огородникова [2], Л. И. Домрачева [1, 2]

[1] Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

[2] Лаборатория биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ, dli-alga@mail.ru

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко применяются в промышленности и содержатся во многих средствах бытовой химии, их производство ежегодно увеличивается (Китмейер, 2007).

В настоящее время техногенное загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер. Это связано, прежде всего, с резким увеличением легковых автомобилей на дорогах города (Медведева, 2011), и, как следствие этого, распространение автомоек с применением в них автошампуней.

Это приводит к тому, что загрязнение почвы и пресных водоемов с каждым годом возрастает. Цианобактерии (ЦБ) рода *Nostoc paludosum* постоянно присутствуют в почвенных и водных экосистемах и часто становятся эдификаторами фототрофных микробных ценозов. Массовое развитие ностоков в природе, сравнительная легкость выделения в чистую культуру делают их привлекательными объектами в исследованиях, связанных с изучением воздействия СПАВ на автотрофные организмы.

Целью данной работы было изучить влияние автошампуней на жизнеспособность и накопление формазана в клетках цианобактерий *Nostoc paludosum.*

Исследования проводили на альгологически чистой культуре *Nostoc paludosum* Kütz №18 из коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА. Инокулят ЦБ был помещен в конические колбы объемом 0,5 литра в питательную среду Громова №6 без азота, выращивание ЦБ проводили в течение 12 недель при температуре 22–24 ºС и 12-часовом освещении.

Влияние автошампуней, содержащих СПАВ, оценивали по изменению активности фермента дегидрогеназы в клетках ЦБ, которую определяли двумя методами: по жизнеспособности клеток ЦБ (микроскопический учет живых клеток с кристаллами формазана) и по количественному накоплению формазана (спектрофотометрический метод).

Для опыта были выбраны: автошампунь Концентрат, произведенный в ООО «ПК «АБХим» г. Киров, Felix – г. Дзержинск и Uni – Германия. Оценивали влияние автошампуней на ЦБ в дозах, рекомендуемых для использования (р.д.): Концентрат 10 г на 1000 мл воды, Felix 35 г на 1000 мл и Uni 30 г на 1000 мл.

В качестве контрольной группы служила ЦБ *Nostoc paludosum* на питательной среде Громова №6 без азота без добавления автошампуня.

Жизнеспособность клеток ЦБ оценивали тетразольно-топографическим методом (Домрачева и др., 2008). Культуру ЦБ инкубировали на растворах автошампуней, содержащих СПАВ, в течение суток. Гомогенезированную культуру ЦБ после отмывания водой выдерживали в 0,075%-ном растворе трифенилтетразолий хлорида (ТТХ) 12 часов. За этот период бесцветный ТТХ под действие фермента дегидрогеназы превращается в 2,3,5 трифенилформазан, имеющий красную или малиновую окраску. Для определения количества жизнеспособных клеток в культуре, готовились мазки на предметных стеклах (по 3 мазка на каждый вариант опыта) и с помощью иммерсионного объектива микроскопа просчитывали не менее 500 клеток в каждой повторности. При количественном учете дифференцировали клетки с ярко-красными кристаллами формазана (жизнеспособные с выраженной дегидрогеназной активностью) и клетки без кристаллов (неактивные и нежизнеспособные).

Содержание формазана было определено в соответствии с методикой (Определение …, 1981), которую мы модифицировали для ЦБ. К культуре ЦБ, в клетках которых образовались кристаллы формазана, добавляли ледяную уксусную кислоту для разрушения клеточных стенок. Формазан экстрагировали ацетоном. Надосадочную жидкость отделяли от клеток путем центрифугирования. Оптическую плотность надосадочной жидкости, содержащей формазан, определяли на спектрофотометре Specol-1300 при длине волны 490 нм.

Автошампуни оказывают влияние на жизнеспособность клеток ЦБ *Nostoc paludosum* (табл. 1).

В контрольной группе у ЦБ *Nostoc paludosum* наблюдается наибольшее количество жизнеспособных клеток – 97,1%.

Таблица 1

Влияние автошампуней на жизнеспособность ЦБ *Nostoc paludosum*, %

Вариант (концентрация автошампуня)	Доля клеток, %	
	жизнеспособных	нежизнеспособных
Контроль	97,1	2,9
Концентрат (1 р.д.)	28,2	71,2
Felix (1 р.д.)	0,6	99,4
Uni (1 р.д.)	0,3	99,7

При использовании автошампуней в концентрации, рекомендуемой для мытья машин (1 р.д.) происходит гибель большинства количества клеток цианобактерий. Менее токсичный автошампунь Концентрат, наиболее токсичные – Felix и Uni, их действие вызывало гибель почти 100% клеток.

Количество жизнеспособных клеток у ЦБ *Nostoc paludosum* с применением автошампуней, содержащих СПАВ увеличивается в ряду: автошампунь Uni – автошампунь Felix – автошампуня Концентрат.

Было изучено влияние автошампуней в концентрациях, рекомендуемых дозах для мытья автомобилей (1 р.д.) на количественное накопление формазана в клетках ЦБ. Результаты количественного накопления формазана в клетках ЦБ *Nostoc paludosum* приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние автошампуней на количественное накопление формазана в клетках ЦБ *Nostoc paludosum*

Вариант (концентрация автошампуня)	Содержание формазана, мкг/мл	% к контролю
Контроль	140,1	100
Концентрат (1 р.д.)	14,62	10,37
Felix (1 р.д.)	7,87	5,58
Uni (1 р.д.)	5,98	4,24

В опытных группах с использованием автошампуней содержание формазана было значительно меньше, по сравнению с контролем.

Так, в опыте с использованием автошампуня Концентрат содержание формазана составляло 14,62 мкг/мл (10,37% к контролю). В опытах с тестированием автошампуней Felix и Uni количество формазана в клетках было меньше – 5,98–7,87 мкг/мл, что составляет 4,2–5,6% к контролю. Исходя из данных по количественному накоплению формазана в культуре ЦБ, можно сделать вывод о том, что менее токсичен для ЦБ автошампунь Концентрат, наиболее токсичные – Felix и Uni.

Между двумя методами, рассмотренными в данной работе: количеством жизнеспособных клеток и накоплением формазана в культуре ЦБ *Nostoc paludosum* существует весьма сильная положительная корреляция (r=0,88).

Таким образом, нами было изучено накопление формазана в клетках ЦБ *Nostoc paludosum* под влиянием автошампуней в концентрациях рекомендуемых для мытья машин. Установлено, что автошампуни отрицательно влияют на жизнеспособность клеток ЦБ *Nostoc paludosum.* Выявлена тесная корреляция

между количеством жизнеспособных клеток и накоплением формазана в культуре ЦБ *Nostoc paludosum.* Отсюда, мы можем сказать, что автошампуни токсичны для фототрофных организмов и могут представлять опасность для водной и почвенной биоты.

Литература

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23–28.

Китмейер Д. Э. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах на водной основе // Мир гальваники. 2007. № 4(4). С. 16–18.

Медведева А. В., Мынбаева Б. Н. Некоторые элементы мониторинга почвы г. Алматы // Биологический мониторинг природно-техногенных систем: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2011. Кн. 1. С. 86–89.

Определение дегидрогеназной активности микроорганизмов. Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы. № 2293-81.

СОРБЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КУЛЬТУР СТРЕПТОМИЦЕТОВ В ОТНОШЕНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Е. С. Соловьёва [1], Г. И. Березин [1], И. Г. Широких [2, 3]

[1] Вятский государственный гуманитарный университет,

[2] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

[3] НИИСХ Северо-Востока,

blueberry17@mail.com

В ходе эволюции произошла адаптация почвенных бактерий к повышенному содержанию тяжелых металлов (ТМ) в местах залежей руд, вблизи действующих вулканов и гидротермальных источников. Исследователи отмечают, что доминирующей группой бактерий в почвах загрязненных ТМ являются стрептомицеты, эволюционно развившие внутриклеточные и внеклеточные защитные механизмы детоксикации ТМ в окружающей среде (Haferburg et al., 2007). Актиномицеты могут сорбировать ионы металла на внеклеточные поверхности, тем самым, уменьшая доступную концентрацию металла в среде. Биосорбция происходит благодаря наличию в клеточной стенке поляризованных фосфатных, карбоксильных, гидроксильных и аминогрупп групп (Schütze, Kothe, 2012). Благодаря способности к сорбции и различным механизмам детоксикации ТМ на поверхности и внутри клетки, стрептомицеты, в скором времени могут найти применение в качестве функциональных агентов в биотехнологиях, связанных с инактивацией тяжелых металлов в природных средах и объектах.

Наиболее часто стрептомицеты с устойчивостью к ТМ выделяются из источников, подвергшихся сильному загрязнению: шахт, промышленных отвалов, сточных вод. Однако, известны случаи выделения бактерий, устойчивых к ТМ, и из незагрязнённых природных источников.

В ходе модельного эксперимента нами была поставлена цель - сравнить изоляты стрептомицетов, выделенные из почв с различным уровнем загрязнения ТМ, по их способности к сорбции свинца и меди из растворов и наращиванию биомассы в данных условиях.

Для эксперимента были выбраны культуры стрептомицетов, выделенные из почв города Кирова и культуры, выделенные из почв ГПЗ «Нургуш» (табл.).

Таблица

Характеристика почвенных образцов, использованных для выделения стрептомицетов

Место отбора образцов	Уровень загрязнения почвы ТМ	Содержание подвижной формы свинца, мг/кг	Содержание подвижной формы меди, мг/кг	Выделенные изоляты
Транспортная и промышленная зоны города	высокий	19,9 15,1-23	7,15 1,95-12,35	*S. bacillaris* у-53 *S. lavendulae* у-51 *S. clavuligerus* у-21
Селитебная и садово-огородная зоны города	умеренный	2,09 1,08-4,49	0,7 0,2-1,6	*S. exfoliates* у-56 *S. felleus* у-57 *S. aureofaciens* у-61
ГПЗ «Нургуш» в 50 км от города	низкий	0,4 0-1,1	0,16 0,15-0,17	*S. bacillaris* Н-2 *S. aureofaciens* Н-4 *S. globisporus* Н-6

Примечание. Над чертой – средние, под чертой – минимальные и максимальные значения показателя по пяти пространственно разобщённым образцам из каждого экотопа

Культуры стрептомицетов выращивали в жидкой среде, с добавлением $(CH_3COO)_2Pb{\cdot}3H_2O$ из расчета в среднем 9 мг/л Pb^{2+} и с добавлением $CuSO_4{\cdot}5H_2O$ из расчета в среднем 3 мг/л Cu^{2+} на качалке при 25 ºС в течение 7–14 сут . Биомассу измеряли гравиметрическим методом после фильтрации жидкой культуры и её высушивания при 105 ºС до постоянного веса. Содержание Pb^{2+} и Cu^{2+} в фильтрате и биомассе определяли на атомно-адсорбционном спектрофотометре «Спектр-5-4».

В ходе модельного эксперимента была установлена высокая способность сорбировать ионы свинца как у изолятов стрептомицетов из почвы фоновой территории заповедника «Нургуш», так и у изолятов из городских почв. Максимальные значения сорбции (до 99,4%) при этом наблюдались в эксперименте с культурами стрептомицетов, выделенными на территории заповедника. Эти культуры также наращивали в опыте большую биомассу по сравнению с культурами стрептомицетов из городских почв. Изоляты из городских почв, с повышенным и умеренным загрязнением ТМ, накапливали соответственно в растворе свинца в среднем на 20,1 и 5,6% меньшую биомассу, чем в контроле без свинца. Биомасса культур стрептомицетов из фоновой почвы ГПЗ «Нургуш» в тех же условиях, напротив, превышала на 17,2% средние значения, полученные в контрольном варианте.

В целом, изоляты стрептомицетов из почвы заповедника «Нургуш» в модельном опыте показали себя в большей степени способными к сорбции свинца из растворов и наращиванию биомассы в данных условиях. Это может быть объяснено индукцией металлами так называемых «спящих» генов устойчивости (Haferburg et al., 2009). Возможно, «впервые» встречаясь с повышенной концентрацией свинца, не характерной для естественной природной среды, стрептомицеты максимально используют сорбционный механизм адаптации к этому ТМ.

При выполнении аналогичного эксперимента с медью наблюдали результаты, отличающиеся от результатов в эксперименте со свинцом. Визуально было отмечено, более медленное, чем в растворах со свинцом, нарастание биомассы культур. Исследованные изоляты в присутствии меди часто снижали накопление биомассы. Снижение биомассы по сравнению с контролем достигало 12% у изолятов из «Нургуша» и 32% у изолятов из городских почв. Вместе с тем, у культуры *Streptomyces felleus* у-57, выделенной из городской почвы, было отмечено увеличение на 92% биомассы в опыте по сравнению с контролем. У данного стрептомицета в ходе эксперимента наблюдали образование колоний в виде глобул, что можно рассматривать как защитную реакцию на действие ионов меди в жидкой среде. Сорбция стрептомицетами меди из раствора, в отличие от свинца, находилась на более низком уровне. Снижение концентрации меди в растворе при выращивании исследованных изолятов достигало 75,4%. При этом максимальное извлечение ионов меди из раствора отмечали для культур из почвы заповедника, а снижение концентрации меди в растворе после культивирования изолятов из городских почв не превышало 50%.

Таким образом, установлена более низкая способность стрептомицетов к сорбции из раствора ионов меди, чем свинца, что связано с различными механизмами детоксикации этих металлов. Известно, что эффективным способом защиты стрептомицетов от меди является деятельность экстрацеллюлярных Cu (II)-редуктаз, активность которых обнаруживалась как у адаптированных, так и у неадаптированных к меди культур, но в первом случае этот показатель был в 100 раз выше (Albarracin et al., 2008). Возможно, исследованные нами культуры стрептомицетов, изолированные из почв, не содержащих ионы меди или содержащие их в незначительном количестве (менее 3 мг/кг), могут повысить свою выносливость к ионам этого металла в процессе последовательных пересевов на медьсодержащие среды в градиенте повышения концентраций токсиканта. Экспериментальная проверка этой гипотезы явится следующим этапом наших исследований.

Литература

Albarracin V. H., Avila A. L., Amoroso M. J., Abate C. M. Copper removal ability by *Streptomyces* strains with dissimilar growth patterns and endowed with cupric reductase activity // FEMS Microbiol. Lett. 2008. 288. P. 141–148.

Haferburg G., Groth I., Möllmann U., Kothe E., Sattler I. Arousing sleeping genes: shifts in secondary metabolism of metal tolerant actinobacteria under conditions of heavy metal stress // Biometals. 2009. V. 22. P. 225–234.

Schütze E., Kothe E. Heavy Metal-Resistant Streptomycetes in Soil // Bio-Geo Interactions in Metal-Contaminated Soils, Soil Biology. 31. 2012. P. 163–182.

БИОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СТРЕПТОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ РАЗЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Е. В. Товстик [1], Е. С. Соловьева [3], И. Г. Широких [1, 2]
[1] НИИСХ Северо-Востока,
[2] Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
[3] Вятский государственный гуманитарный университет,
irgenal@mail.ru

Известно, что антропогенные нагрузки, оказывают негативное воздействие на почву, вызывая ухудшение её биологических свойств. Именно поэтому, использование в контроле качества окружающей среды биологических параметров, в том числе характеризующих состояние почвенного микробного комплекса, выступает как экологически ориентированный научный подход (Мотузова, 2007).

Неотъемлемым компонентом почвенного микробоценоза являются стрептомицеты, участвующие в поддержании почвенного гомеостаза. Их основная функция в почве заключается в разложении таких труднодоступных соединений как лигнин, хитин, ксилан, целлюлоза, гумусовые соединения (Jendrossek et al., 1997). При этом особый интерес к этой группе микроорганизмов вызван способностью большинства из них синтезировать биологически активные вещества, в частности антибиотики, используемые в борьбе с инфекционными болезнями растений (Звягинцев, Зенова, 2001).

Целью нашей работы было сравнительное изучение антагонистической и целлюлозолитической активности культур стрептомицетов, выделенных из почв, испытывающих различную антропогенную нагрузку.

Пробы почв для выделения стрептомицетов, отбирали в различных функциональных зонах города Кирова, характеризующихся умеренным и повышенным загрязнением тяжелыми металлами, а также на отдельных участках территории зоны защитных мероприятий (ЗЗМ) объекта «Марадыковский» (Кировская область), в которых ранее фиксировали повышенное содержание мышьяка. Для сравнения использовали изоляты стрептомицетов, выделенных из почв особо охраняемой природной территории – Государственного природного заповедника «Нургуш», который также расположен на территории Кировской области.

Для выделения стрептомицетов из почвенных образцов использовали казеин-глицериновую среду (Зенова, 2002). Чистые культуры получали путём последовательных пересевов на овсяной среде. Идентификацию изолятов проводили согласно определителю Гаузе с соавт. (Гаузе и др. 1983).

Изучение биосинтетической активности изолятов рода *Streptomyces* включало исследование антибиотической и целлюлозолитической активности.

Антагонистическую активность изолятов стрептомицетов к бактериям и микромицетам определяли методом агаровых блочков (Егоров, 1979). В качестве тест-культур использовали микромицеты: *Cladosporium*, *Fusarium moniliforme* K 15, *Acremonium*, *Trichoderma* и бактерии: *Erwinia rhapontici*, *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas putida*, *Escherichia coli*.

Для количественного определения целлюлозолитической активности, культуры стрептомицетов высевали «полоской» на среду Гетчинсона с карбометиллцеллюлозой (КМЦ) и выращивали при 27 ºС в течение 1,5 недель. Затем поверхность чашек с выросшими колониями микроорганизмов заливали 0,1% водным раствором красителя Конго красный и инкубировали 15 минут при комнатной температуре, после чего краситель убирали и добавляли 1М раствор NaCl, инкубируя еще 10 минут. По величине зоны просветления около тестируемого микроорганизма судили о степени его целлюлозолитической активности, учитывая при этом, что продукты разрушения целлюлозы не окрашиваются красителем (Teather, Wood, 1982).

В результате проведенной работы из почв с различной антропогенной нагрузкой было выделено и исследовано 25 изолятов стрептомицетов (табл.). Наибольшая доля изолятов, обладающих антагонистической активностью в отношении бактерий и микромицетов, обнаружена в почвах, испытывающих воздействие тяжелых металлов и мышьяка, однако в почвах территории зоны защитных мероприятий, их доля, была значительно выше (92%), чем в городских почвах (36%). Среди изолятов, наибольшим спектром антибиотического действия обладали только те культуры стрептомицетов, которые были выделены из почв с повышенным содержанием мышьяка. Известно, что продукция антибиотиков микроорганизмами – это не только защитный механизм, но и способ борьбы за питательный субстрат (Егоров, 1979; Звягинцев, Зенова, 2001). Поэтому, вероятно, в условиях мышьякового воздействия, в почве максимальное преимущество получали стрептомицеты, которые обладали более высокой биохимической агрессивностью.

Анализ данных по целлюлозолитической активности культур стрептомицетов выявил резкие отличия, обусловленные местом их выделения. Так, в почвах города почти все выделенные стрептомицеты (81 %) проявляли целлюлозолитическую активность, тогда как в случае стрептомицетов, выделенных из почв заповедника «Нургуш» и ЗЗМ объекта «Марадыковский» их доля была гораздо меньше – 33 и 42% соответственно.

Таким образом, изучение отдельных сторон биосинтетической деятельности стрептомицетов, выделенных из почв, испытывающих различную по характеру антропогенную нагрузку, выявило различия в функциональной деятельности природных изолятов. Они заключаются в том, что среди выборок изолятов стрептомицетов, выделенных их почв заповедника «Нургуш», почв ЗЗМ объекта «Марадыковский» и почв города, более высокая частота встречаемости стрептомицетов-антагонистов выявлена в почвах с повышенным содержанием мышьяка, а наибольшая частота встречаемости целлюлозолитически активных стрептомицетов − в почвах города.

Таблица

Биосинтетическая активность стрептомицетов, выделенных из почв с различной антропогенной нагрузкой

Место отбора почвы	Стрептомицеты	Целлюлозолитическая активность. Зона просветления на среде Гетчинсона с КМЦ, мм	Антибиотическая активность. Зона подавления роста тест культуры, мм							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Заповедник «Нургуш»	*S. bacillaris* Н 2 (2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. globisporus Н 6 (2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. aureofaciens Н 4 (2)	10	0	0	0	0	0	0	0	0
г. Киров	*S. clavuligerus* У 21	25	20	0	14	0	0	0	0	0
	S. bacillaris У 52	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. felleus У 57 (2)	12	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. exfoliates У 56	30	0	0	0	0	21	0	0	0
	S. globisporus У 55	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. aureofaciens У 61 (2)	10	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. bacillaris У 53 (2)	13	0	0	0	0	0	0	0	0
	S. lavendulae У 51	0	20	0	0	0	0	0	0	14
	S. grisedeus У 53	23	18	0	0	0	0	0	0	0
	S. aureofaciens У 61	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Зона защитных мероприятий объекта «Марадыковский»	*S. wedmorensis* 38.11	15	32	14	18	18	16	16	26	40
	S. plicatus 103.9	10	19	0	0	0	0	0	0	14
	S.globisporus 38.12	10	18	0	0	0	16	21	0	0
	S. aburaviensis 75.10	0	31	0	19	31	0	0	0	0
	S. hygroscopicus 135.8	0	24	22	24	36	0	0	0	24
	S. endus 135.5	0	16	0	0	28	20	0	0	34
	Streptomyces sp. 75.6	12	34	14	16	32	0	0	0	34
	S. mitakiensis 135.13	0	26	0	30	24	0	0	0	59
	S. alhticus 75.12	0	16	0	0	0	0	0	0	0
	S. noursei 75.5	11	0	0	0	0	0	0	0	0
	*S. hygroscopicus*75.7	0	21	0	20	28	0	0	0	0
	S. endus 75.14	-	24	0	0	23	0	0	0	0

Примечание: 1) «-» - нет данных; 2) тест-культуры 1 – *Cladosporium*, 2 – *Fusarium moniliforme* K 15, 3 – *Acremonium*, 4 – *Trichoderma*, 5 – *Ervinia herbicola*, 6 – *Ervinia rapontici*, 7 – *Pseudomonas putida*, 8 – *Escherichia coli*.

Литература

Гаузе Г. Ф. Определитель актиномицетов. Роды *Sreptomyces, Streptoverticillium, Chainia.* М.: Наука, 1983. 248 с.

Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках: учебник. М.: Высшая школа, 1979. 455 с.

Звягинцев Д. Г. Экология актиномицетов: монография. М: ГЕОС, 2001. 257 с.

Зенова Г. М. Разнообразие актиномицетов в наземных экосистемах. М.: Изд-во МГУ, 2002. 132 с.

Мотузова Г. В. Экологический мониторинг почв: учебник. М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. 237 с.

Jendrossek D. Bacteriol degradation of natural rubber: A privilege of actinomycetes // FEMS Microbiol. Lett. 1997. V. 150. № 2. P. 179–188.

Teather R. M. Use of congo-red polysaccharide interaction in erumeration and characterization of cellulolytic bacteria the bovine rumen // Appl. Environ. Microbiol. 1982. V. 43. P. 777–780.

ПОИСК ШТАММОВ СТРЕПТОМИЦЕТОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ С КОМПЛЕКСНЫМ ФИТОРЕГУЛЯТОРНЫМ И БИОКОНТРОЛЬНЫМ ДЕЙСТВИЕМ

Я. И. Назарова [1]***, И. Г. Широких*** [1, 2]

[1] *НИИСХ Северо-Востока,*

[2] *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

yan1997183@yandex.ru, irgenal@mail.ru

Использование биопрепаратов в целях защиты растений является эффективной альтернативой использованию пестицидов. Возможность применения в сельском хозяйстве биологических средств защиты растений изучается на протяжении десятков лет (Babalola, 2010). Использование микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности в качестве альтернативы химическим пестицидам, разработка и создание биопрепаратов на их основе рассматривается как чрезвычайно перспективное направление, которое позволяет свести экологические риски к минимуму. Дополнительным фактором повышения конкурентоспособности биопрепаратов может явиться полифункциональная активность биологических агентов-микроорганизмов, выражающаяся в одновременном антифунгальном и ростстимулирующем действии.

Актиномицеты, благодаря способности синтезировать широкий круг физиологически активных соединений, принято сегодня рассматривать среди наиболее перспективных агентов для создания биологических препаратов комплексного действия, предназначенных для использования в растениеводстве.

Цель работы – отобрать перспективные штаммы актиномицетов рода Streptomyces на основе данных по способности культур продуцировать ауксины и ингибировать развитие фитопатогенных грибов рода Fusarium.

Объектами исследования являлись 20 природных изолятов стрептомицетов из ризосферы томата сорта Белый налив, а также из ризосферы полученной на его основе путем агробактериальной трансформации линии tbn 34. Чистые культуры стрептомицетов были выделены при посеве разведений гомогенатов

корней на питательные среды: казеин-глицериновый агар и среду с пропионатом натрия.

Способность микроорганизмов синтезировать фитогормоны широко известна (Мишке, 1998; Costacurta, Vanderleyden, 1995). Наиболее активные продуценты таких соединений вступают в ассоциативные отношения с растениями и могут вызывать либо развитие патогенеза, либо способствовать становлению симбиотических отношений.

Для изучения способности микроорганизмов синтезировать индолил-3-уксусную кислоту (ИУК), чистые культуры выращивали в жидкой среде Чапека, в которую вносили 200 мг/л триптофана как прекурсора ИУК. Культивирование осуществляли в периодическом режиме на качалке. Каждый штамм выращивали в трехкратной повторности.

Наличие ИУК в бесклеточной культуральной жидкости определяли колориметрическим методом с реактивом Сальковского (Libbert, Risch, 1969) при 540 нм. Для выявления оптимальной для максимального выхода ИУК продолжительности культивирования проводили предварительные эксперименты по изучению динамики синтеза ауксина в процессе периодического роста отдельных штаммов. Было установлено, что оптимальное время для определения способности культур синтезировать ИУК приходится на 4-е сутки от начала культивирования.

Антагонистическую активность штаммов определяли методом агаровых блоков (Егоров, 1979).

Статистическую обработку данных проводили стандартным методом с использованием программы Excel'2007.

Результаты определения содержания ИУК в культуральной жидкости 20 штаммов актиномицетов, выращенных в жидкой среде Чапека с 200 мг/л триптофана, представлены на рисунке.

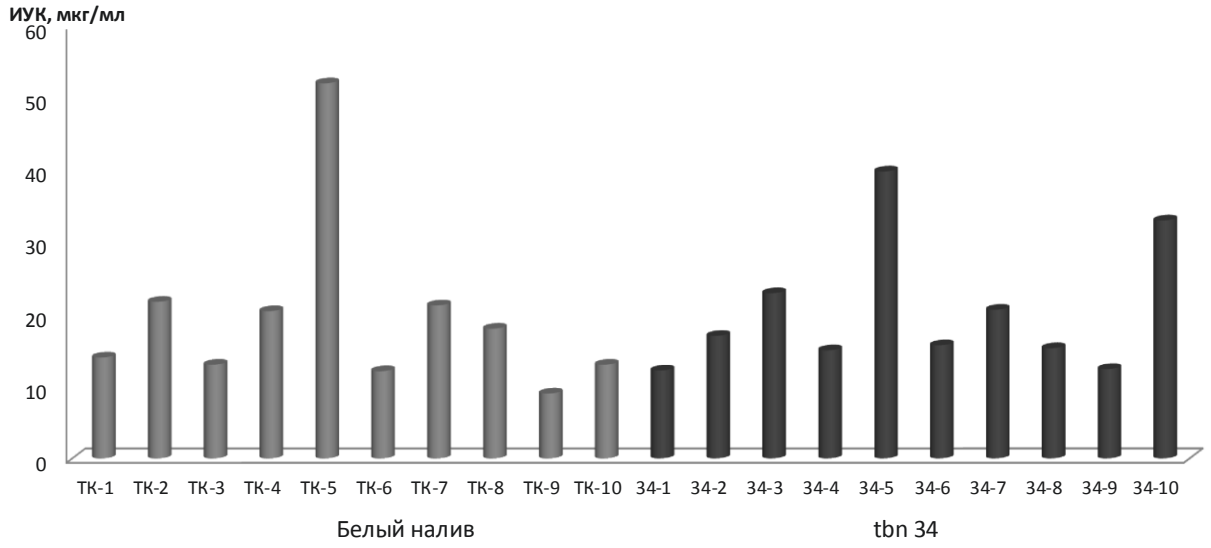


Рис. Способность различных штаммов актиномицетов продуцировать ауксины

Оказалось, что способность к синтезу ауксинов у исследованных штаммов выражена в различной степени. Содержание ИУК в культуральной жидко-

сти у исследованной выборки культур изменялось в пределах от 9,0 до 52,0 мкг/мл. Все исследованные культуры по способности синтезировать ИУК были распределены между тремя группами: активные продуценты (более 30 мкг/мл) – штаммы ТК-5, 34-5, 34-10, умеренные (15 – 30 мкг/мл) – ТК-2, ТК-4, ТК-7, ТК-8, 34-2, 34-3, 34-4, 34-6, 34-7 и 34-8, слабо активные (менее 15 мкг/мл) – ТК-1, ТК-3, ТК-6, ТК-9, ТК-10 и 34-9.

В результате изучения антагонистической активности актиномицетов было показано, что 9 из 20 исследуемых штаммов проявили активность в отношении грибов рода *Fusarium,* ингибируя развитие 1–2 тест культуры (табл.).

Таблица

Антагонистическая активность штаммов к грибам рода *Fusarium*

Тест-культура гриба	Зона подавления (мм) роста тест-культуры штаммами из ризосферы томата								
	Белый налив					tbn 34			
	ТК-2	ТК-4	ТК-5	ТК-7	ТК-8	34-2	34-3	34-7	34-10
F. oxysporum	0	0	0	0	0	18	0	20	0
F. avenaceum	35	25	0	22	20	20	18	20	25
F. culmorum	23	0	24	13	0	0	14	0	0

Штаммов, активных в отношении трех тест культур фузариумов не выявлено.

Из ризосферы томата Белый налив, таким образом, было выделено пять культур (ТК-2, ТК-4, ТК-5, ТК-7, ТК-8), а из ризосферы трансгенной линии tbn 34 − четыре культуры (34-2, 34-3, 34-7, 34-10) стрептомицетов, сочетающие продукцию ауксинов, а следовательно – фиторегуляторную активность, со способностью ограничивать развитие фитопатогенных грибов рода *Fusarium*.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ризосферу растений можно рассматривать как экологическую нишу, где достаточно часто обнаруживаются штаммы стрептомицетов с комплексным фиторегуляторным и биоконтрольным действием. Из ризосферы растений могут быть выделены культуры, перспективные для создания новых высокоэффективных биопрепаратов для защиты растений от болезней и повышения их продуктивности, которые при этом не будут приносить вред экологическому состоянию агроэкосистем и снижать качество продукции вследствие ее загрязнения остаточными пестицидами.

Литература

Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Высшая школа, 1979. 485 с.

Мишке И. В. Микробные фитогормоны в растениеводстве. Рига: Зинатне, 1988. 151 с.

Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance // Biotechnol Lett. 2010. V. 32. № 11. P 1559–1570.

Costacurta A., Vanderleyden J. Synthesis of phytogormones by plant-associated bacteria // Crit. Rev. Microbiology. 1995. V. 21. № 1. P. 1–18.

Libbert E., Risch H. Interactions between plants and epiphytic bacteria regarding their auxin metabolism // Physiol. Plantarum. 1969. Vol. 22. P. 51−58.

НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА, МЕДИ И ЦИНКА КСИЛОТРОФНЫМИ БАЗИДИОМИЦЕТАМИ В ПАРКАХ г. КИРОВА

Д. В Попыванов [1], А. А. Широких [2]
[1] Вятский государственный гуманитарный университет,
[2] НИИСХ Северо-Востока

Особенностью биологии базидиальных грибов является накопление плодовыми телами различных химических элементов, в том числе и тяжёлых металлов, в концентрациях значительно более высоких, чем в окружающей среде. Физиологические особенности аккумуляции металлов плодовыми телами базидиомицетов до сих пор не совсем ясны, но, по-видимому, могут иметь очень важное биоиндикационное значение (Иванов и др., 2008).

Современные города — это особые экосистемы, которые существенно отличаются от природных, зональных биогеоценозов по климатическим, физико-химическим свойствам почв и атмосферы, структуре биотических сообществ, высокому уровню загрязнения окружающей среды и т. д. (Глазычев, 1984). Среди многочисленных вредных веществ антропогенного происхождения, попадающих в городскую среду, тяжелым металлам (ТМ) принадлежит одно из первых мест. Накопление в верхних слоях почвы ТМ и их соединений в токсических концентрациях отмечается вблизи автомобильных трасс, промышленных объектов, а также при технологических сбоях, когда в атмосферу происходит выброс загрязняющих веществ. В исследованиях загрязнения городских экосистем основное внимание обычно уделяется мониторингу элементов-загрязнителей в природных средах и объектах – воде, воздухе, почве, растениях (Убугунов, Кашин, 2004), тогда как закономерности накопления элементов-загрязнителей таким компонентом биоты, как базидиальные грибы, – практически не изучено. Между тем эти данные необходимы для оценки роли грибов в миграции поллютантов в биогеохимических циклах и звеньях пищевой цепи урбаногенных территорий и для выяснения возможности использования отдельных видов макромицетов в мониторинге окружающей среды (Широких, Широких, 2010).

Цель нашей работы – исследование аккумуляции ТМ (меди, цинка и свинца) плодовыми телами базидиальных макромицетов в парках г. Кирова.

Исследования проводили в г. Кирове – развитом индустриальном центре, ведущими отраслями которого являются электроэнергетика, машиностроение и металлообработка, оказывающие, наряду с автотранспортом, существенное влияние на загрязнение почв города ТМ.

Сбор плодовых тел грибов осуществляли во второй – третьей декадах сентября. Всего было собрано 15 образцов, отнесенных к 10 видам; образцы анализировали в трехкратной аналитической повторности. Отобранные пробы грибов измельчали, затем высушивали при температуре 105°С и тщательно размалывали до однородной массы. Валовое содержание Cu, Zn, Pb в плодовых телах базидиомицетов определяли на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu-AA-6800 после озоления их биомассы в муфельной печи при 600°С в

течение 6 ч с последующим растворением зольного остатка в 10 мл 1 М HC1 (Отмахов и др., 2004).

В экотопах, где был проведен сбор плодовых тел грибов, отбирали образцы почв с глубины 0–5 см. Содержание подвижных форм Cu, Zn, Pb в почвах определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии, предварительно экстрагируя воздушно-сухие почвенные образцы аммонийно-ацетатным буфером (pH 4,8) (Воробьева, 2006).

О способности грибов к биоабсорбции изучаемых элементов судили по коэффициенту накопления, рассчитываемому как отношение концентраций элемента в биомассе гриба и в слое почвы 0–5 см.

Полученные данные обрабатывали стандартными методами статистического анализа, с использованием пакета программ Excel.

Анализ распределения видов по экотопам показал, что некоторые из видов макромицетов встречаются одновременно в нескольких экотопах. Чаще других были отмечены виды *Bjerkandera adusta* и *Trametes gibbosa* (каждый в 3 экотопах). Наибольшее количество видов обнаружено на деревьях в городских скверах и парках. В лесопарковой зоне на деревьях ксилотрофных видов базидиомицетов обнаружено не было.

Анализ суммарного накопления ТМ (Cu, Zn, Pb) плодовыми телами макромицетов показал, что наиболее высокой концентрацией отличались базидиомы грибов, собранных с деревьев в зоне городских парков и скверов (от 45,50 до 260,08 мкг/г), тогда как среднее содержание подвижных форм ТМ в почвах этого экотопа составило по Cu − 0,25 мкг/г; по Zn – 10,54 мкг/г; по Pb – 1,02 мкг/г.

Уровень накопления отдельных элементов в грибах определялся, в первую очередь, природой самого химического элемента. Медь (до 30 мкг/г) и цинк (до 247 мкг/г) накапливались в больших количествах, чем свинец (до 8 мкг/г) (табл.).

Таблица

Валовое содержание металлов в плодовых телах ксилотрофных базидиомицетов и почве в среднем

Образец биомассы гриба	Содержание элементов, мкг/г в.-с. массы						
	Cu	Cu $K_{накопл}$	Pb	Pb $K_{накопл}$	Zn	Zn $K_{накопл}$	в сумме в плодовом теле
Meripilus giganteus	1,25/0,14	8,93	<0,03/10,98	0	187,76/14,50	12,95	189,01
Bjerkandera adusta	1,20/<0,03	1,20	<0,03/0,24	0	198,81/8,67	22,93	200,01
B. adusta 1	8,09/<0,03	8,09	0,25/<0,03	0,25	75,97/9,09	8,36	84,31
B. adusta 2	12,50/<0,03	12,50	<0,03/1,41	0	247,58/16,43	15,07	260,08
Trametes gibbosa	12,90/<0,03	12,90	<0,03/0,24	0	68,64/8,67	7,92	81,54
T. gibbosa	11,20/<0,03	11,20	8,09/<0,03	8,09	79,98/6,08	13,15	99,27
T. gibbosa 1	11,95/<0,03	11,95	<0,03/<0,03	0	62,97/9,09	6,93	74,92
Tyromyces stipticus	2,97/<0,03	2,97	<0,03/<0,03	0	136,87/6,08	22,51	139,84

Образец биомассы гриба	Содержание элементов, мкг/г в.-с. массы						
	Cu	Cu $К_{накопл}$	Pb	Pb $К_{накопл}$	Zn	Zn $К_{накопл}$	в сумме в плодовом теле
Ganoderma applanatum	30,36/<0,03	30,36	0,03/<0,03	0	74,33/6,08	12,23	104,72
Trametes hirsuta	5,45/<0,03	5,45	<0,03/<0,03	0	74,95/9,09	8,25	80,40
T. hirsute 1	5,88/<0,03	5,88	<0,03/1,41	0	39,61/16,43	2,41	45,50
Trametes versicolor	2,49/<0,03	2,49	<0,03/<0,03	0	62,76/9,09	6,90	65,25
Punellus serotinus	4,30/<0,03	4,30	<0,03/1,41	0	142,15/16,43	8,65	146,45
Heterobasidion annosum	1,67/<0,03	1,67	<0,03/1,41	0	101,27/16,43	6,16	102,94
Fomes fomentarius	3,52/<0,03	3,52	<0,03/1,41	0	157,43/16,43	9,58	160,94

Примечание. В числителе — валовое содержание в плодовых телах, в знаменателе – подвижные формы в почве. $К_{накопл}$ – коэффициент накопления.

Аналогичные данные были получены при исследовании распределения элементов-загрязнителей в сосновых биогеоценозах Смоленской и Брянской областей (Цветнова, Щеглов, 2002). Более интенсивное, по сравнению со свинцом, накопление ксилотрофными базидиомицетами меди и цинка может объясняться тем, что эти элементы входят в состав некоторых ферментов, например − в состав лакказы, – медьсодержащего фермента класса оксидоредуктаз, которые участвуют в разрушении лигно-целлюлозного комплекса древесины (Горшина и др., 2006; Позднякова и др., 2006).

Концентрация химических элементов в базидиомах зависела также от биологических особенностей видов. Так, максимальными концентрациями меди характеризовались плодовые тела видов *Ganoderma applanatum* (30,36 мкг/г) и *Trametes gibbosa* (12,90 мкг/г), цинка – *Bjerkandera adusta* (247,58 мкг/г), *Meripilus giganteus* (187,76 мкг/г), свинца – *T.gibbosa* (8,09 мкг/г). Ряд исследованных грибов вообще не накапливал (*M. giganteus, Tyromyces stipticus, T. hirsuta, T. versicolor, Punellus serotinus, Heterobasidion annosum, Fomes fomentarius*) в плодовых телах свинец или накапливал (*B. adusta*, *G. applanatum*) в незначительных количествах (до 0.3 мкг/г).

Расчет коэффициентов накопления металлов в плодовых телах показал, что для каждого элемента они изменялись в определенных пределах, в зависимости от физиологических особенностей грибов и условий их произрастания: наибольшие коэффициенты для меди и цинка (30,36 и 22,93 соответственно), минимальные коэффициенты накопления для свинца – от 0 до 8,09. Для меди и цинка коэффициенты накопления во всех случаях были больше 1, для свинца, за исключением вида *Trametes gibbosa*, меньше 1 (табл.).

Максимальные коэффициенты накопления меди отмечены для трутовых грибов *G. applanatum*, *T. gibbosa, B. adusta,* собранных в городских скверах и парках, т. е. экотопах с умеренной степенью загрязнения. При повышенных концентрациях меди в транспортно-промышленной зоне, так же как и при ее

отсутствии в почвах парков, коэффициент накопления этого элемента снижался на один-два порядка.

Различия в коэффициентах накопления грибами цинка определялись преимущественно физиологическими особенностями видов и от категории экотопа и степени его загрязнения этим элементом зависели в меньшей степени, чем при загрязнении медью. Максимальными коэффициентами накопления цинка отличались плодовые тела грибов *B. adusta* и *T. stipticus*, минимальными — *T hirsuta* и *T. versicolor*.

Коэффициенты накопления плодовыми телами свинца, даже при высоких концентрациях этого элемента в почвах, были по сравнению с биофильными элементами Cu и Zn достаточно низкими и мало изменялись в зависимости от вида гриба.

На основании проведенных исследований можно заключить, что накопление ТМ в грибах определяется химической природой самого элемента, биологическими особенностями грибов, условиями их произрастания. Максимальный уровень накопления отмечен для цинка и меди, гораздо меньший — для свинца. Концентрация меди и цинка в грибах всех исследованных видов превышает концентрацию этих элементов в окружающей среде (почве) от 2 до 15 раз. Уровень суммарного накопления меди, цинка и свинца в плодовых телах грибов, как правило, отражает степень загрязнения ТМ окружающей среды в конкретном экотопе. К числу видов — концентраторов ТМ в городской среде могут быть отнесены виды *Bjerkandera adusta*, *Meripilus giganteus* и *Punellus serotinus*.

Литература

Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв. М.: Геос, 2006. 400 с.

Глазычев В. Л. Социоэкологическая интерпретация городской среды. М.: Наука, 1984. 180 с.

Горшина Е. С., Русинова Т. В., Бирюкова В. В., Морозова О. В., Шлее в С. В., Ярополов А. И. Динамика оксидазной активности в процессе культивирования базидиальных грибов рода Trametes Fr. // Прикл. биохимия и микробиология. 2006. Т. 42. № 6. С. 638–644.

Иванов А. И., Костычев А. А. Характер накопления некоторых металлов и мышьяка в базидиомах грибов порядка Boletales // Микология и фитопатология. 2007. Т. 41. Вып. 6. С. 500–505.

Отмахов В. И., Петрова Е. В., Пушкарева Т. Н., Островерхова Г. П. Атомно-эмиссионная методика анализа грибов на содержание тяжелых металлов и использование ее для целей экомониторинга // Изв. Томского политех, унив. 2004. Т. 307. № 6. С. 44–46.

Позднякова Н. Н., Турковская О. В., Юдина Е. Н., Радкевич-Новак Я. Желтая лакказа гриба *Pleurotus ostreatus* D1: очистка и характеристика // Прикл. биохимия и микробиология. 2006. Т. 42. № 1. С. 63–69.

Цветнова О. Б., Шатрова Н. Е., Щеглов А. И. Накопление радионуклидов и тяжелых металлов грибным комплексом лесных экосистем // Сб. науч. трудов ИЯИ. Киев, 2001. № 3(5). С. 171–176.

Широких А. А., Широких И. Г. Накопление тяжелых металлов ксилотрофными базидиальными грибами в городских экосистемах // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. Вып. 4. С. 359–366.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПАРАМЕТРОВ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СПЛОШНЫХ РУБОК НА ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Е. М. Перминова, Ю. А. Виноградова, В. А. Ковалева, Е. М. Лаптева
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
perminova@ib.komisc.ru

В последние десятилетия, в связи с увеличением антропогенной нагрузки на все природные экосистемы, особое место занимают биодиагностические исследования. Для диагностики природных и техногенных изменений используются различные показатели биологической активности почв, в том числе параметры численности и биомассы разных групп почвенной биоты, их продуктивности, показатели ферментативной активности почв, параметры активности микробиологических и почвенных процессов, связанных с биологическим круговоротом элементов, некоторые энергетические данные, а также данные по количеству и скорости накопления некоторых продуктов жизнедеятельности почвенных организмов (Казеев, 2012).

Цель данной работы заключалась в оценке возможности использования некоторых микробиологических и биохимических показателей для индикации изменений подзолистых почв, связанных с последствиями сплошнолесосечных рубок среднетаежных еловых лесов.

Исследования проводили в период с 2008 по 2013 гг. в Республике Коми (Усть-Куломский р-н, средняя тайга), на базе почвенного стационара, где ведутся долговременные комплексные исследования по изучению влияния сплошнолесосечных рубок на изменение подзолистых суглинистых почв (Путеводитель…, 2007). Объектами исследований послужили подзолистые текстурно-дифференцированные почвы спелого ельника черничного (ПП-1), лиственно-елового молодняка I-го класса возраста (ПП-2) и 36-летнего березняка разнотравного, сформировавшихся после сплошнолесосечной рубки ельников черничных соответственно в 2000/2001 и 1969/1970 гг. (Лаптева и др., 2015). Параметры микробиологической активности характеризовали на основе учета численности эколого-трофических групп микроорганизмов методом посева почвенных суспензий на мясо-пептонный (аммонификаторы), крахмало-аммиачный (минерализаторы), голодный (олиготрофы) агары и среду Эшби (олигонитрофилы) (Теппер и др., 2004). Функциональную активность микробных сообществ оценивали методом мультисубстратного тестирования (Горленко, Кожевин, 2005), ферментативную активность – на основе определения активности ферментов каталазы и инвертазы (Казеев, 2012).

В результате проведенных многолетних исследований (Путеводитель…, 2007; Дымов, Милановский, 2014; Лаптева, Бондаренко, 2015; Лаптева и др., 2015) установлено, что под влиянием сплошнолесосечных рубок и последующего восстановления древесной растительности на участках вырубок, происходят определенные преобразования подзолистых текстурно-дифференцированн-

ных почв, наиболее ярко выраженные в верхней части их профиля. Изменение морфологических и физико-химических свойств почв, а также экологических условий на участках формирующихся вторичных производных растительных сообществ, в свою очередь, обусловливает соответствующие изменения в параметрах биологической активности почв. Как видно из данных, представленных в таблице 1, на первых этапах послерубочной сукцессии (участок ПП-2) на вырубках ельников черничных в подзолистых почвах происходит резкое снижение численности всех эколого-трофических групп микроорганизмов, особенно в верхних подгоризонтах лесной подстилки. По мере восстановления лиственно-хвойного древостоя (участок ПП-3), численность эколого-трофических групп возрастает, превышая соответствующие количества микроорганизмов в лесной подстилке почвы (табл.1). Такое изменение в количестве микроорганизмов связано с изменением характера поступающего на поверхность почвы растительного опада и возрастанием количеством доступных питательных веществ при смене еловых древостоев лиственными (Дымов и др., 2012).

Таблица 1

Численность ($\overline{X} \pm S$)* эколого-трофических групп микроорганизмов в почвах коренного елового леса (ПП-1) и производных лиственно-хвойных сообществ, сформировавшихся после рубки 2000/2001 (ПП-2) и 1969/1970 гг. (ПП-3), млн КОЕ/г абсолютно сухой почвы

Участок	Горизонт	Аммонификаторы	Минерализаторы	Олиготрофы	Олигонитрофилы
ПП-1	O1	3325±2477	529±67	1565±204	385±51
	O2	85±44	164±197	37±21	26±5
	O3	21±5	40±27	57±8	18±10
	EL	1,6±0,4	6,1±4	0,7±0,5	1,7±1,6
ПП-2	O1	342±181	87±22	86,6±2,7	21±22
	O2	25±9	69,5±1,7	15,0±1,9	24±18
	O3	15±12	33,5±1,7	3±6	10±12
	EL	0,9±0,7	1,4±0,7	1,4±1,1	1,4±0,6
ПП-3	O1	21045±5297	6264±107	1042±253	1231±1362
	O2	3822±3490	1024±85	2432±137	6593±511
	O3	1342±1129	32±33	426±354	750±460
	EL	1,1±0,5	1,29±0,13	0,04±0,03	0,010±0,001

Примечание: * – среднее арифметическое значение численности и стандартное квадратичное отклонение (P= 0,95).

Анализ спектров потребления субстратов (мультисубстратное тестирование) также выявил достаточно четкие различия между микробными сообществами почвы ненарушенного елового леса (ПП-1) и производных лиственно-хвойных насаждений, сформировавшихся на разновозрастных вырубках (ПП-2 и ПП-3). Максимальные показатели метаболической работы (W) микробных сообществ (2042±122) отмечены в органогенных горизонтах почвы участка ПП3. В почве ненарушенного леса (ПП1) она в 1,2 раза, а в почве участка ПП2 – в 1,5 раза ниже, по сравнению с почвой участка ПП3. В элювиальных горизонтах минеральной части почв значения W в 4-5 раз ниже, по сравнению с

лесными подстилками. При этом в минеральных горизонтах отмечена обратная зависимость: максимальная величина метаболической активности выявлена в почве ненарушенного леса (1367±1021), минимальная (424±53) – в почве лиственно-хвойного сообщества, сформировавшегося в течение 36 лет после рубки ельника черничного.

Микробные сообщества органогенных и минеральных горизонтов почвы участка ПП-1 близки по суммарной активности утилизации источников органических соединений. Отличительной особенностью минеральных горизонтов является снижение по сравнению с лесной подстилкой активности ассимиляции микроорганизмами пентоз и олигосахаридов и возрастание – аминокислот, полимерных (крахмал, декстран) и азотсодержащих соединений. На "молодой" вырубке (ПП-2) интенсивность потребления субстратов снижается во всех горизонтах, по сравнению с почвой участка ПП-1, но особенно – в минеральных (Виноградова и др., 2014). Следует отметить, что в нижней части лесной подстилки почвы участка ПП-2 (подгоризонты О2 и О3) отмечено более активное потребление микробными сообществами солей низкомолекулярных органических кислот (НМОК). Активизация потребления солей НМОК может быть обусловлена возрастанием их продуцирования в условиях повышения увлажнения почв (Шамрикова, 2013), что характерно для ранних стадий послерубочной сукцессии растительного покрова (Путеводитель…, 2007).

Лесная подстилка почвы участка ПП-3 характеризуется накоплением и разложением богатого основаниями и азотом листового опада березы и осины (Дымов и др., 2012). В ней, по сравнению с лесными подстилками участков ПП-1 и ПП-2, происходит возрастание потребления микроорганизмами олигосахаридов, аминокислот, полимеров и азотсодержащих органических соединений. Почвенные микробные сообщества на участке ПП-3 отличаются более высокими значениями индекса биоразнообразия Шеннона (5,1–5,4).

Несмотря на явные изменения микробиологической активности почв коренного леса и вырубок, ферментативная активность почв разновозрастных вырубок не проявила четко выраженных закономерностей изменения, по сравнению с почвой целинного леса. Многофакторный дисперсионный анализ полученных за все годы данных показал, что наибольшее влияние на параметры каталазной активности оказал год отбора ($F=42,04$; $p \leq 1 \cdot 10^{-6}$). Иначе говоря, погодные условия года, определяющие конкретные экологические условия (температура, влажность) мест обитания, оказывают решающее воздействие на жизнедеятельность почвенной микробиоты и, соответственно, на активность фермента каталазы в подзолистых почвах. Влияние генезиса горизонта также оценивалось как достоверное ($F=23,63$; $p \leq 1 \cdot 10^{-6}$) и несколько превосходило влияние срока отбора ($F=16,01$; $p \leq 1 \cdot 10^{-6}$). Тип фитоценоза (т.е. в каких условиях почва формируется – в коренном еловом лесу или на его вырубке) существенного влияния на параметры каталазной активности в данном случае не оказали (табл. 2).

Таблица 2

Оценка варьирования параметров активности ферментов каталазы и инвертазы в почвах исследованных участков по данным дисперсионного анализа

Источник варьирования	*SS*	*df*	*D*	*F*	*p*
Активность фермента каталазы					
Тип фитоценоза	0,29	1	0,29	0,09	0,768079
Генетический горизонт	238,23	3	79,41	23,63	$\leq 1\cdot 10^{-6}$
Срок отбора	161,42	3	53,81	16,01	$\leq 1\cdot 10^{-6}$
Год наблюдения	423,725	3	141,24	42,04	$\leq 1\cdot 10^{-6}$
Общее варьирование	557,74	166	3,36		
Активность фермента инвертазы					
Тип фитоценоза	171,94	1	171,94	114,24	$\leq 1\cdot 10^{-6}$
Срок отбора	78,19	3	26,06	17,32	$\leq 1\cdot 10^{-6}$
Генетический горизонт	13505,98	3	4501,99	2991,28	$\leq 1\cdot 10^{-6}$
Год наблюдения	338,06	3	112,69	74,87	$\leq 1\cdot 10^{-6}$
Общее варьирование	213,72	142	1,51		

Примечание: *SS* – сумма квадратов отклонений от среднего; *df* – число степеней свободы; *D* – дисперсия; *F* – критерий Фишера; *p* – уровень значимости.

На параметры инвертазной активности значимое влияние оказывают все рассмотренные факторы, но в их ряду тип генетического горизонта играет первоочередное значение (F=2991,28; $p\leq 1\cdot 10^{-6}$), второе место занимает тип фитоценоза (F=114,24; $p\leq 1\cdot 10^{-6}$), затем год наблюдения (F=74,87; $p\leq 1\cdot 10^{-6}$) и срок отбора (F=17,32; $p\leq 1\cdot 10^{-6}$).

Полученные нами результаты свидетельствуют об изменении биологической активности подзолистых почв после проведения сплошнолесосечных рубок среднетаежных ельников черничных. Однако для диагностики экологического состояния почв на разных этапах послерубочной сукцессии наиболее оптимально использование таких параметров, как численность эколого-трофических групп микроорганизмов, функциональная активность почвенных микробных сообществ (на основе мультисубстратного тестирования). Использование показателей ферментативной активности (активности каталазы, инвертазы) в качестве характеристики экологического состояния почв на стадии формирования молодого лиственно-хвойного насаждения, сформированного на вырубке ельника черничного, не представляется возможным.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата».

Литература

Виноградова Ю. А., Лаптева Е. М., Перминова Е. М., Анисимов С. С., Новаковский А. Б. Микробные сообщества подзолистых почв на вырубках среднетаежных еловых лесов // Известия Самарского НЦ РАН. 2014. Т. 16. № 5. С. 74–80.

Горленко М. В., Кожевин П. А. Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ. М.: МАКС Пресс, 2005. 88 с.

Дымов А. А., Бобкова К. С., Тужилкина В. В., Ракина Д. А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственно-хвойных насаждениях // Лесной журнал. 2012. № 3. С. 7–18.

Дымов А. А., Милановский Е. Ю. Изменение органического вещества таежных почв в процессе естественного лесовозобновления растительности после рубок (средняя тайга Республики Коми) // Почвоведение. 2014. № 1. С. 39–47.

Казеев К. Ш., Колесников С. И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. 260 с.

Лаптева Е. М., Бондаренко Н. Н. Изменение гумусного состояния среднетаёжных подзолистых почв под влиянием сплошнолесосечных рубок // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 1. С. 34–43.

Лаптева Е. М., Втюрин Г. М., Бобкова К. С., Каверин Д. А., Дымов А. А., Симонов Г. А. Изменение почв и почвенного покрова еловых лесов после сплошнолесосечных рубок // Сибирский лесной журнал. 2015. С.64–76.

Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубок (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.

Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 256 с.

Шамрикова Е. В. Кислотность почв таежной и тундровой зон Европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука, 2013. 160 с.

Научное издание

Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем

Материалы
XIII Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием

1–2 декабря 2015 г.
Книга 1

Редактор: *Т. Я. Ашихмина*

Верстка: *Е. М. Кардакова*

Издательство ООО «ВЕСИ»
610000, г. Киров, ул. Казанская, 50 а,
E-mail: ooovesy@yandex.ru

Подписано в печать 16.11.2015 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Усл. п. л. 18,68. Заказ № 701 . Тираж 200 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Лобань»,
610000, г. Киров, ул. Московская, 52
тел./ф.: (8332) 69-50-15

Вятский государственный гуманитарный университет,
610002, г. Киров, ул. Красноармейская, 26