



**РЕГИОНЫ НОВОГО ОСВОЕНИЯ**  
**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ**  
**ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ИХ ОХРАНА**

**Хабаровск-2021**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ХАБАРОВСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
АДМИНИСТРАЦИЯ Г. ХАБАРОВСКА  
АМУРСКИЙ ФИЛИАЛ ВСЕМИРНОГО ФОНДА ДИКОЙ ПРИРОДЫ (WWF)

Материалы Международной научной конференции

**«РЕГИОНЫ НОВОГО ОСВОЕНИЯ:  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ  
ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ИХ ОХРАНА»**

Хабаровск, 5–7 октября 2021 г.

Хабаровск  
ИВЭП ДВО РАН  
2021

**Регионы нового освоения: современное состояние природных комплексов и их охрана:** материалы Международной научной конференции. 5–7 октября 2021 г., Хабаровск: сборник материалов. – Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2021. – 298 с. (Электронное издание)

Приведены материалы, раскрывающие теоретические и практические основы изучения и сохранения биологического разнообразия популяционно-видового, экосистемного и биосферного уровней наземных и водных экосистем. Рассмотрены основные экологические факторы, определяющие условия существования организмов в природных условиях дальневосточного региона, научные основы охраны природной среды, оптимизации особо охраняемых природных территорий. Обсуждаются вопросы, направленные на оценку состояния городской среды, разработку мероприятий по улучшению экологического состояния дальневосточных городов, в том числе г. Хабаровска.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области изучения и использования природно-ресурсного потенциала, биоразнообразия, охраны окружающей среды и экологического планирования.

*Ключевые слова:* биоразнообразиие, экологические проблемы, состояние природной среды, экологическая политика, охрана окружающей среды, особо охраняемые территории.

**Редакционная коллегия:** член-корр. РАН Воронов Б.А. (ответственный редактор), д.г.н. Махинов А.Н., д.б.н. Шлотгауэр С.Д., д.б.н. Рябинин Н.А., д.г.н. Мирзеханова З.Г., д.б.н. Харитоновна Г.В., д.б.н. Кондратьева Л.М., д.г.-м.н. Кулаков В.В., к.г.н. Ким В.И., к.г.н. Шестеркин В.П.

Материалы конференции напечатаны в авторской редакции.

FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION OF SCIENCE  
Khabarovsk FEDERAL RESEARCH CENTER  
OF THE FAR EASTERN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
INSTITUTE OF WATER AND ECOLOGY PROBLEMS  
OF THE FAR EASTERN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
THE ADMINISTRATION OF Khabarovsk  
WORLD WILDLIFE FUND (WWF), AMUR BRANCH

Materials of the International Scientific Conference

**REGIONS OF NEW DEVELOPMENT:  
THE CURRENT STATE OF NATURAL COMPLEXES  
AND THEIR PROTECTION**

Khabarovsk, October 5–7, 2021

Khabarovsk  
IWEP FEB RAS  
2021

**Regions of new development: the current state of natural complexes and their protection:** proceedings of the International Scientific Conference. October 5-7, 2021, Khabarovsk: digest. – Khabarovsk: IWEP FEB RAS, 2021. – 298 p. (Electronic edition)

The digest presents the materials that reveal the theoretical and practical foundations of studying and preserving the biological diversity of the population-species, ecosystem and biosphere levels of terrestrial and aquatic ecosystems. It considers the main environmental factors determining the conditions of the existence of organisms in the natural conditions of the Far Eastern region, the scientific foundations of environmental protection and optimization of specially protected natural territories. The issues aimed at assessing the state of the urban environment, developing measures to improve the environmental condition of Far Eastern cities, including Khabarovsk, are discussed.

The digest is intended for a wide range of specialists in the field of studying and using natural resource potential, biodiversity, environmental protection and environmental planning.

*Keywords:* biodiversity, environmental problems, the state of the natural environment, environmental policy, environmental protection, specially protected areas.

**Editorial Board:** B. Voronov, corresponding member of RAS (responsible editor), A. Makhinov, Sc.D. (Geography), S. Schlotgauer, Sc.D. (Biology), N. Ryabinin, Sc.D. (Biology), Z. Mirzekhanova, Sc.D. (Geography), G. Kharitonova, Sc.D. (Biology), L. Kondratieva, Sc.D. (Biology), V. Kulakov, Sc.D. (Geology and Mineralogy), V. Kim, Ph.D. (Geography), V. Shesterkin, Ph.D. (Geography).

The proceedings are published in the author's edition.

***Секция 1. Биологическое разнообразие  
наземных и водных экосистем***

***Session 1. Biological diversity of terrestrial  
and aquatic ecosystems***

---

---

**К ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ  
ЗЕМНОВОДНЫХ ЗАПАДНЫХ ОТРОГОВ  
ХР. МАЛЫЙ ХЕХЦИР (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)**

**Аднагулов Э.В.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
rfe\_herps@mail.ru*

**ON THE ESTIMATION OF THE AMPHIBIAN POPULATIONS  
IN THE WEST AREA OF THE LESSER KHEKHTSIR OFFSHOOTS  
(KHABAROVSKIY KRAI)**

**Adnagulov E.V.**

*Institute of water and ecological problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia  
rfe\_herps@mail.ru*

**Abstract.** During April and May, 2021, the species composition, relative abundance, biotopical dispersion and some biological features of Amphibians were studied. The area of investigations is situated within upper parts of Lesser Chirka, Levaya and Krasnaya Rechka rivers basins. There were 648 egg clutches of *Salamandrella schrenckii* (Strauch, 1870), 101 egg clutch of *Rana amurensis* (Boulenger, 1886) and 37 egg clutches of *Rana dybowskii* (Günther, 1876) counted, and a few adult animals, too. Reproductive activity was concentrated in three locations. Some decrease of Amphibians' number was noted, comparing to the 1999–2012 period. The main reasons are drying up of spawn water bodies with eliminating of eggs and larvae, elimination of animals during overwintering season and possible human recreation activity.

Фауна земноводных (Amphibia) Хабаровского края представляется достаточно полно изученной и насчитывает два вида хвостатых (Caudata) и семь видов бесхвостых (Anura). Из них непосредственно в зоне хр. Большой Хехцир и Малый Хехцир обитают семь видов.

На хр. Большой Хехцир находится Большехехцирский заповедник, изучение животного мира в котором ведётся со времени его основания (1963 г.). На Малом Хехцире находится федеральный заказник “Хехцирский”, фауна которого изучена хуже. Также к этому заказнику примыкают сельхозугодья и различные дачные сообщества. Часть территории заказника, несмотря на природоохранный режим, используется как рекреационная зона.

Вместе с тем, с учётом сравнительной доступности данной территории, земноводные (вместе с пресмыкающимися) остаются одной из наименее изученных групп животных. Следует отметить, что специальных учётных работ земноводных (количество особей на 1 км маршрута, распределение по типам местообитаний, многолетняя динамика численности и т. д.) в рассматриваемом районе не проводилось. Таким образом, представляемые в данной статье результаты приводятся впервые.

Район исследований представляет собой низкогорные отроги хр. Малый Хехцир на участке между верховьями рр. Малая Чирка, Левая и Красная Речка с перепадами высот от 103 м до 246 м над у. м. (макс. 295 м). Это территория покрыта лесом в основном хвойно-широколиственных пород (кедр корейский, ель аянская, пихта белокорая, береза плосколистная, ясень маньчжурский, липа амурская и др.) с соответствующим подлеском.

Водораздел между рр. Мал. Чирка и Красная Речка представляет собой невысокий отрог, простирающийся с СВ на ЮЗ примерно на 6 км и несущий на себе сильные следы антропогенных воздействий: лесные дороги, просеки, мин-полосы, искусственные лесопосадки (лесовозобновления) и т. п.

Для выявления видового состава и относительной численности наиболее оптимальным представляется учёт кладок икры земноводных на определённых маршрутах [2]. Количество кладок при этом соответствует количеству самок, тогда как количество самцов, принимающих участие в размножении, требует применения специальных методик учёта. Этим способом также можно достаточно оперативно выяснить биотопическое распределение изучаемых видов.

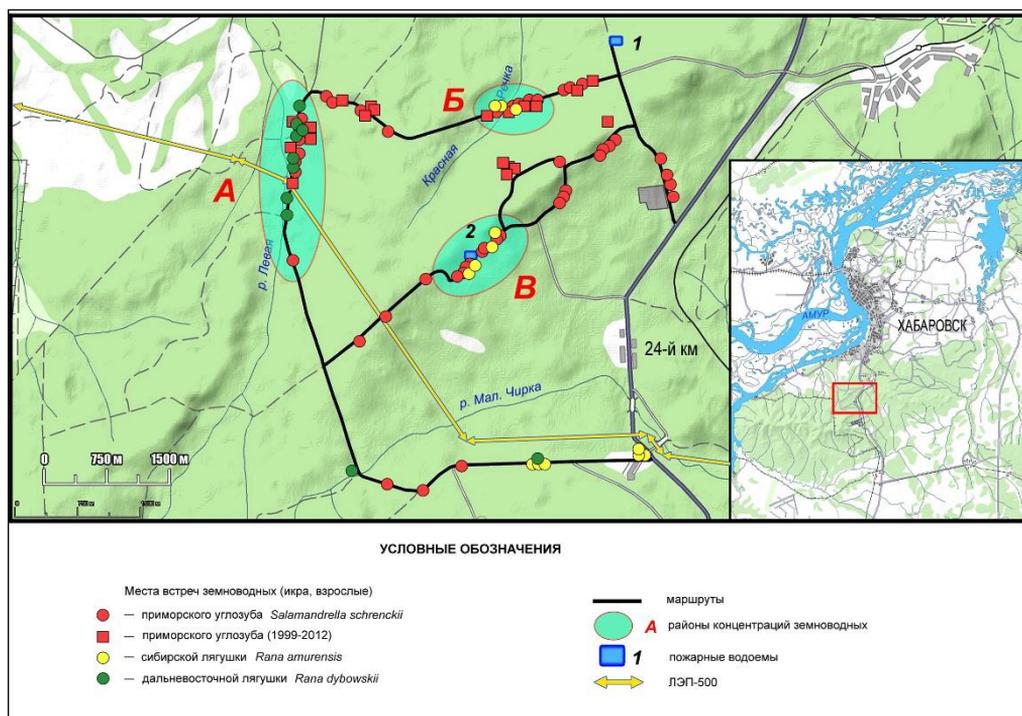


Рис. 1. Карта-схема района проведения работ.

Наблюдения проводили в апреле–мае 2021 г. Всего маршрутами пройдено 54,8 км, охвачена площадь 16,3 км<sup>2</sup> (измерения по Google Earth Pro). При обследовании проводили осмотр придорожных канав (кюветов), временных водотоков (сезонных ручьёв), в меньшей степени — луж на дорожном полотне, а также некоторых искусственных водоёмов. Также приведены данные кратковременных наблюдений за 1999–2012 гг.

Большинство кладок и взрослых животных было отмечено в нескольких местах концентрации, помеченных нами как районы А, Б и В (рис. 1). Ранее (1999–2012 гг.) наибольшие концентрации кладок и взрослых отмечались в районах А и Б. Главная особенность этих участков — горизонтальное положение или с очень небольшим продольным уклоном.

Район А — участок лесной дороги вдоль правого берега р. Левая протяжённостью около 1300 м и шириной 5–7 м. На лесной дороге имеются лужи (в 2021 г. было 26 шт.) длиной от 5–7 до 25–30 м, площадью поверхности от 15–20 до 120–150 м<sup>2</sup> и глубиной 15–25 см. Эти лужи, как правило, не пересыхают ле-

том и дают возможность полного развития икры и личинок земноводных (до метаморфоза). Район имеет меридиональную протяжённость.

Район Б — участок лесной дороги в верховьях Красной Речки протяжённостью около 1000 м и шириной 3–5 м. Основные места откладки икры — временные водотоки и лужи на дороге, большинство из которых пересыхает в летнее время.

Район В — придорожные кюветы (канавы) на юго-восточном склоне водораздельного хребта длиной 20–70 м с относительно постоянным уровнем воды. Здесь также находится лесной противопожарный водоём (№ 2) примерно 40 × 25 м и глубиной до 2–3 м, из которого имеется небольшой сток, наполняющий указанные кюветы. Большинство из них сильно мелеет в летнее время, захламляется листовым опадом и зарастает водной растительностью.

По результатам работ выявлено обитание приморского углозуба (углозуб Шренка) *Salamandrella schrenckii* (Strauch, 1870), сибирской лягушки *Rana amurensis* (Boulenger, 1886) и дальневосточной лягушки *Rana dybowskii* (Günther, 1876). Ранее (в 2011–2012 гг.) единично встречалась дальневосточная жаба *Bufo gargarizans* Cantor, 1842, но в 2021 г. отмечена не была.

Всего было учтено 648 кладок приморского углозуба на разных стадиях развития [по: 3] (от свежееотложенных (3–5 часов) до двух-трёхнедельных), 101 кладка сибирской лягушки и 37 кладок дальневосточной лягушки. Также было отмечено 5 взрослых углозубов Шренка (из них 2 самки во время откладки икры и 3 самца во время токования), 12 взрослых самцов сибирской лягушки (токование) и 6–8 самцов дальневосточной лягушки (токование — только по голосам).

Первые кладки отмечены 23 апреля (углозуб Шренка). Наибольшее количество кладок пришлось на 7–12 мая (555 кладок углозуба, 50 кладок сибирской лягушки и 31 кладка дальневосточной лягушки). Примечательно, что откладка икры в районе Б происходила примерно на 7–10 дней позже, чем в районе В. Это объясняется тем, что район В находится на юго-восточном склоне, лучше инсолируется и, соответственно, лучше прогревается, тогда как зона Б располагается в низменной части, имеется большее затенение, местами дольше сохраняется полузамёрзшая почва и даже наледи на выходах грунтовых вод.

Токующие самцы сибирской лягушки ( $n=12$ ) и кладки икры наблюдались 27 апреля и 7 мая в районе просеки ЛЭП-500 (южная часть обследованного района), в т. ч. и в районе пересечения автомобильной трассы А-370 (“Уссури”) долины р. Малая Чирка.

Такое неравномерное распределение кладок по району работ соответствует особенностям биологии видов. Углозуб Шренка и дальневосточная лягушка — лесные виды, а сибирская лягушка больше предпочитает открытые и экотонные местообитания (опушки, просеки и т. п.).

По сравнению с эпизодическими наблюдениями прежних лет численность земноводных представляется пониженной, в первую очередь это относится к дальневосточной лягушке: в 1999–2012 гг. распространение и кладки отмечались в районе А (рис.): до 15–20 шт. на 150–200 м<sup>2</sup> водоёма (суммарно до 300–400 на весь участок). Это связано, по-видимому, с такой особенностью биологии вида, как зимовка в горных реках и ручьях (в данном случае — р. Левая). Последние несколько лет зимы были малоснежными, и по этой причине река могла перемерзнуть, вызывая гибель зимующих лягушек.

Сравнительно высокая численность кладок углозуба Шренка ( $n=648$ ) объясняется его способностью перезимовывать на суше (в верхних слоях почвы) и

очень высокой холодоустойчивостью — до  $-35-40$  °C [1]. Таким образом, снижение численности вида может быть обусловлено низким выживанием икры и личинок и естественной убылью взрослых особей. В 1999–2012 гг. в районе А регистрировалось до 500–600 кладок углозуба. В 2021 г. там было учтено 153 кладки (20,5% от общего числа). В районе В учтено 287 кладок (44,3%). Остальные были отмечены в районе Б и в меньшей степени (спорадически по 3–5 кладок) — по всем остальным участкам.

В целом, к концу мая значительная часть мелких водоёмов (кюветы, придорожные лужи) в районе В исчезла, кладки углозубов обсохли и погибли (преимущественно на 28–31 стадиях — до вылупления личинок) (по: [3]).

Помимо придорожных канав, кюветов и луж в районе работ имеются два противопожарных водоёма (рис. 1, №№ 1 и 2) размером примерно  $40 \times 20-25$  м и глубиной до 2–3 м. В силу большого количества воды они поздно очищаются ото льда (примерно к 15–20 мая) и малопригодны для откладки икры и развития личинок земноводных. Существенным ограничением также является высокая заселённость этих водоёмов ротаном *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Pisces: Gobiiformes), являющимся хищником и способным уничтожить как икру, так и личинок земноводных.

Ещё одним из факторов, которые могут обуславливать гибель кладок, является рекреация. В последние годы этот район стал популярен для активного отдыха — любителей горных (туристических) велосипедов, кроссовых мотоциклов и квадроциклов, а также внедорожных автомобилей. Пересечённый рельеф местности, сравнительно труднодоступные участки осваиваются техническими средствами, что влечёт разрушение отложенных кладок (особенно на участке А), их вымывание на берега и гибель. Вместе с тем, количество разрушаемых таким способом кладок оценить пока невозможно.

Таким образом, обследованный район можно представить в качестве модельной территории для изучения динамики популяций земноводных в горнолесной местности в Приамурье и разработке мер охраны видов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берман Д. И., Лейрих А. Н., Мещерякова Е. Н. Углозуб Шренка (*Salamandrella schrenckii*, Caudata, Amphibia, Hynobiidae) — вторая рекордно устойчивая к низким температурам амфибия // Доклады Академии наук, 2010. Т. 431. № 5. С. 714–717.
2. Коротков Ю. М. О количественном учете некоторых амфибий на местах размножения в Приморском крае // Вестник зоологии, 1973. № 2. С. 80–82.
3. Сытина Л. А., Медведева И. М., Година Л. Б. Глава IV. Развитие // Сибирский углозуб (*Salamandrella keyserlingii* Dybowski, 1870): Зоогеография, систематика, морфология / Отв. ред. Э. И. Воробьева. М.: Наука. 1994. С. 81–107. (Серия “Виды фауны России и сопредельных стран”).

---

---

## АНТРОПОГЕННЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ РЫБ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ БУРЕЯ

Антонов А.Л.

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
[antonov@ivep.as.khb.ru](mailto:antonov@ivep.as.khb.ru)

## ANTHROPOGENIC AND NATURAL CHANGES OF FISH DIVERSITY IN THE UPPER RIVER BUREA BASIN

Antonov A.L.

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia  
[antonov@ivep.as.khb.ru](mailto:antonov@ivep.as.khb.ru)

**Abstract.** In the basin of the upper reaches of the Bureya River in the last thirty years as a result of hydro construction, mining and warming, three species have disappeared – chum salmon *Oncorhynchus keta*, Kaluga *Oncorhynchus keta* and Amur whitefish *Coregonus ussuriensis*. The species composition in small mountain tributaries in the reservoir zone has decreased by four species *Thymallus grubii*, *Th. tugarinae*, *Th. burejensis*. In the upper reaches of the Niman River (a tributary of the Bureya River), two species of grayling have disappeared *Thymallus grubii* and *Th. burejensis*. In general, in the upper reaches of the Bureya decreased in numbers and ranges in 14 species (*Lethenteron reissneri*, *Ladislavia taczanowskii*, *Mesocottus haitej*, *Cottus szanaga*, *Gobio cynocephalus*, *Rodeus sericeus*, *Thymallus grubii*, *Th. tugarinae*, *Th. burejensis*, *Hucho taimen*, *Brachymystax tumensis*, *Br. lenok*, *Phoxinus phoxinus*, *Barbatula toni*).

**Keywords:** The number of Amur pike, Amur minnow and lake minnow, Amur ide has increased, and new fish communities are being formed in anthropogenic water bodies.

Бурея является вторым по величине (после р. Зеи) среди левых притоков Амура. Она образуется слиянием рек Правая и Левая Бурея, течет на юго-запад и впадает в Амур на 1666 км от его устья. Длина реки (от истока Правой Буреи) составляет 739 км, площадь водосбора 70700 км<sup>2</sup>. Среднегодовое количество воды расход 904 м<sup>3</sup>/с. Бурея и все ее притоки вниз до устья р. Обдерган имеют горный характер. В бассейне реки в пределах Хабаровского края преобладает горный рельеф с абсолютными высотами от 250 м до 2000 м и более. В центральной и юго-восточной частях расположены две равнины с озёрами – Тырминская и Верхнебуреинская, с абсолютными высотами 270–350 м. Кроме этого небольшая равнина есть в верхнем течении р. Ниман на высоте 800–850 м.

Климат бассейна определяется положением его в зоне контакта азиатского континента с Тихим океаном, а также горным рельефом, муссонным характером циркуляции атмосферы и циклонической деятельностью. Средняя годовая температура в северной части бассейна составляет –7,5°C, в центральной – 3,7°C. Абсолютный минимум равен –57°C. В последние несколько десятилетий климат в бассейне реки стал более теплым [5].

В данном сообщении обсуждаются антропогенные и природные изменения ихтиологического разнообразия в бассейне верхнего течения р. Бурея в границах Хабаровского края, отмеченные в последние три десятилетия (с 1993 по 2020 г.). Всего на рассматриваемом участке установлено обитание 28 видов рыб и одного вида миног [1, 2, 4]. Главные антропогенные факторы, действующие

на ихтиофауну за рассматриваемый период: создание плотины ГЭС и формирование водохранилища (с 2003 г.), добыча полезных ископаемых, вырубка лесов, вылов. В результате влияния первого фактора произошли следующие изменения в разнообразии рыб:

1) сократилось таксономическое разнообразие. Исчезли три вида: калуга *Acipenser (Huso) dauricus*, кета *Oncorhynchus keta* и амурский сиг *Coregonus ussuriensis*. Все они до создания плотины и формирования водохранилища встречались у границ ареалов и были очень редки. Калуга, скорее всего, обитала здесь временно, изредка заходя в данный район в летний период. Последний случай отлова калуги до начала формирования водохранилища известен в 1998 г. близ устья р. Верхний Мельгин [1]. В водах водохранилища этот вид, по опросным данным, отмечался примерно до 2014–2015 гг.; известны отловы нескольких экземпляров, в том числе половозрелых, близ устья р. Адникан (Худяков А.А., Черешнев Ю.Н., личн. сообщ.). Последние годы никаких сведений о калуге нет. Кета в Буреи до начала освоения бассейна была очень редка. Тем не менее, по сообщениям местных жителей до начала 1990-х гг. этот вид не ежегодно отмечался в рр. Дубликан и Адникан, а также в 1980-е годы в притоке р. Тырма - р. Яурин [1,3]. Амурский сиг до постройки ГЭС был редким, по численности уступал сигу-хадары *Coregonus chadary* [1], встречался в русле Буреи ниже устья р. Ургал; в притоках не обитал. В последние 10–15 лет случаи отлова не известны, скорее всего, он исчез;

2) на участке водохранилища сократилась численность дальневосточной ручьевой миноги *Lethenteron reissneri*, владиславии *Ladislavia taczanowskii*, амурской широколобки *Mesocottus haitej*, амурского подкаменщика *Cottus szanaga*, амурского пескаря *Gobio cynocephalus*, амурского горчака *Rodeus sericeus*, обитавших здесь ранее в русле (Антонов, 2007). Все эти виды сохранились в русле Буреи выше водохранилища и в её крупном притоке – р. Тырма [3];

3) в некоторых малых притоках водохранилища (рр. Ягодная, Семькин, Телемджан, Янырь), скорее всего, исчезли (не найдены в 2009–2010 гг.) обитавшие здесь в 2001–2003 гг. хариусы – амурский *Thymallus grubii*, нижеамурский *Th. tugarinae* и локальный эндемик верхней части бассейна – буреинский *Th. burejensis*, а также амурский подкаменщик в связи с отсутствием условий для зимовки в первые годы формирования водохранилища [3]. Ранее эти виды осенью скатывались из этих малых промерзающих притоков на зиму в русло Буреи. С осени 2003 г. в течение нескольких лет условия в устьях этих притоков из-за их промерзания и низкого качества воды в заливах водохранилища были непригодны для зимовки этих видов, и вероятно, происходила их гибель. Таким образом, в зоне водохранилища произошло сокращение состава рыбного сообщества малых горных притоков. Возможно, в связи с улучшением качества воды в водохранилище, эти виды могут снова вселиться в эти малые реки из соседних, более крупных рек, где они сохранились;

4) в целом в бассейне верхней Буреи уменьшились площади ареалов (нерестовых и нагульных) и сократилась численность 14 видов (дальневосточная ручьевая минога, владиславия, амурский пескарь, амурский горчак, таймень *Nucho taimen*, ленки *Brachymystax tumensis*, *Br. lenok*, амурский, буреинский, нижеамурский хариусы, амурский подкаменщик, амурская широколобка, голянь обыкновенный *Phoxinus phoxinus*, сибирский голец *Barbatula toni*). До начала формирования водохранилища у трех из этих видов (таймень, ленки) часть особей совершали ежегодные сезонные миграции; зимовка их происходила ниже плотины, а нерест и летний нагул – выше. Эти виды и остальные, зимовавшие

выше плотины, сократили численность также за счет потерь площадей нерестилищ и летних местообитаний, а некоторые – мест зимовки;

5) вероятно, у сига-хадары произошел сдвиг ареала (в основном, летнего). До строительства ГЭС этот вид в период открытой воды встречался в главном русле Буреи и в нижних частях ее крупных притоков вверх до устья р. Усмань [1], зимовал ниже. В связи с затоплением водами водохранилища основных местообитаний он стал отмечаться выше; в 2012 г. отловлен у границ Буреинского заповедника. В водохранилище он, в основном, обитает с осени до весны в зонах подпора. Численность его, предположительно, осталась на прежнем уровне;

6) в целом, нарушился состав рыбного сообщества русла среднего течения р. Бурея. Ранее в период открытой воды он включал не менее 22 видов; в настоящее время из них в составе формирующегося ихтиоценоза водохранилища встречаются 18 видов, при этом большинство их обитает в зонах подпора в период с осени до весны;

7) сократились площади озерных ихтиоценозов на Верхнебуреинской равнине;

8) за счет формирования водохранилища увеличились площади нерестовых и нагульных ареалов и возросла численность 8 видов (гольян маньчжурский озёрный *Rhynchocypris percnurus*, гольян Лаговского *Rhynchocypris lagowskii*, щука амурская *Esox reichertii*, чебак *Leuciscus waleckii*, налим *Lota lota*, вьюн *Misgurnus mohoity*, сибирская шиповка *Cobitis melanoleuca*, ротан *Percottus glennii*). Можно было предполагать, что увеличится и численность карася *Carassius gibelio*, однако этого, по опросным данным, не наблюдается.

Произошли также некоторые изменения в разнообразии рыб в результате добычи полезных ископаемых:

1) за счет преобразования русел и долин водотоков и появления новых водоемов увеличились площади ареалов и численность гольянов маньчжурского озёрного и Лаговского (бассейны рр. Гуджал, Большой Йорик, Ургал, Ушман, Ягдынья, Ниман); во всех этих реках сократилась численность хариусов, ленка, тайменя;

2) в верховьях р. Ниман не найдены в 2012, 2014 и 2015 гг. амурский и буреинский хариусы. Эти виды обитают в среднем течении этой реки и их отсутствие в верховьях, вероятно, обусловлено многолетним поступлением взвесей в реку;

3) на этом же участке, в каскад прудов-отстойников из озер, расположенных ниже на равнине, проникли и сформировали устойчивые популяции гольяна Чекановского *Rhynchocypris czekanowskii* и маньчжурский озёрный.

Вырубка лесов в последние годы на разнообразии рыб Буреи влияет незначительно, но ранее, в 1960–1980 гг. этот фактор был одним из ведущих – при рубках на больших площадях, и нарушениях почвенного покрова, несомненно, происходило увеличение мутности, повышение температуры воды, заиливание нерестилищ видов-литофилов. Строительство новых лесовозных дорог способствовало проникновению рыболовов в труднодоступные верховья. Это отрицательно влияло на численность ленков, хариусов, тайменя, подкаменщика, речного гольяна и положительно – на численность гольяна Лаговского. В последние 30 лет масштабы рубок в рассматриваемой части бассейна сократились.

Любительское рыболовство (в том числе браконьерство) из-за небольших объемов оказывает намного меньшее влияние на рыб. В реках оно проявляется, прежде всего, в снижении численности основных объектов рыболовства – ленков, тайменя, хариусов, сига-хадары, а также в уменьшении размеров рыб. В

реках с интенсивным рыболовством (рр. Чегдомын, Ургал) отмечено снижение размеров и возраста полового созревания у нижеамурского хариуса.

Изменения в разнообразии рыб связаны также и с общим потеплением климата в бассейне Буреи [5], частично совпавшего с периодом формирования водохранилища:

1) увеличилась численность и площадь ареалов у щуки, чебака, голяна Лаговского и сига-хадары. В связи с потеплением климата и повышением температуры воды эти виды стали встречаться выше по бассейну. В 2012 г., например, щука и сиг-хадары отмечены у границ заповедника «Буреинский». Чебак также стал встречаться выше, в том числе в притоках (рр. Ургал, Чегдомын); в последние годы в летнее время по р. Бурея он отмечается у устья р. Умалта.

2) незначительно сократились площади летних ареалов и численность всех видов хариусов, в том числе, байкалоленского *Thymallus baicalolenensis*.

Таким образом, под воздействием антропогенных факторов в последние три десятилетия в таксономическом и ценотическом разнообразии ихтиофауны в бассейне верхнего течения р. Бурея произошли изменения: таксономический состав на рассматриваемом участке бассейна сократился на три вида, исчезли два рода – *Oncorhynchus* и *Acipenser (Huso)*, одно семейство *Acipenseridae* и один отряд *Acipenseriformes*; в малых горных притоках в зоне водохранилища на четыре вида уменьшился видовой состав; сократился состав рыбного сообщества в главном русле р. Бурея на участке водохранилища; сократились площади ареалов озёрных ихтиоценозов на Верхнебуреинской равнине; из сообщества верховий р. Ниман выбыли два вида хариусов; в водохранилище и в местах преобразованных добычей полезных ископаемых формируются новые ихтиоценозы, ранее для бассейна не характерные. По-видимому, снизилось экологическое разнообразие тайменя, ленков, сига-хадары за счет прекращения протяженных сезонных миграций.

В результате потепления климата отмечены некоторые изменения летних ареалов у сига-хадары (сдвиг), чебака и щуки (увеличение), хариусов (сокращение).

В мало нарушенных горных частях бассейна, в том числе на территории заповедника «Буреинский» каких-либо изменений в разнообразии рыб за этот же период не отмечено.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов А.Л. Ихтиофауна верхней части бассейна реки Буреи // Вестник ДВО РАН. 2007. № 3, с. 49–59.

2. Антонов А.Л. Влияние формирующегося водохранилища Буреинской ГЭС на ихтиофауну его малых притоков // Экология малых рек в XXI веке: биоразнообразие, глобальные изменения и восстановление экосистем. Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием (г. Тольятти, 5–8 сентября 2011 г.) / отв. ред. Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберг. Тольятти: Кассандра, 2011. С. 10.

3. Антонов А.Л. Разнообразие рыб и миног реки Тырма // Конференция с международным участием «Регионы нового освоения. Современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны. 11–14 октября 2015 г., Хабаровск: сб. матер. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2015. С. 7–9.

4. Антонов А.Л., Книжсин И.Б. Дополнения к ихтиофауне Буреинского заповедника // Тр. Государственного природного заповедника «Буреинский». Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2008. Вып. 4, с. 77–80.

5. Новороцкий П.В. Многолетние изменения температуры воздуха в бассейне реки Бурея // География и природные ресурсы. 2013. № 2, с. 118–124.

---

---

**ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ СЕМЕЙСТВА АРИАСЕАЕ ВО ФЛОРЕ  
ХАБАРОВСКОГО КРАЯ (РОССИЙСКИЙ ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)****Антонова Л.А.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
levczik@yandex.ru***ALIEN SPECIES FROM THE FAMILIES APIACEAE IN THE FLORA  
OF THE KHABAROVSK KRAI (RUSSIAN FAR EAST)****Antonova L.A.***Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia  
levczik@yandex.ru*

The results of studying alien species of the Apiaceae family in the flora of the Khabarovsk Territory are presented. According to our data, 13 alien species of this family, including the invasive species *Pastinaca sylvestris*, are now widespread in the territory of the region. They differ in the degree of naturalization, phytocenotic confinement, and the intensity of settlement.

Семейство Ариасеае во флоре Хабаровского края представлено 34 родами, из них 11 представлены только чужеродными видами. Они включают 55 видов, в том числе 13 чужеродных. Для характеристики флоры важно не только число чужеродных видов, но и то, насколько широко они расселились в регионе, как прочно вошли в состав нарушенных или индигенных сообществ и как высока их активность. Наивысшие показатели по данным критериям свидетельствуют о биологической инвазии, которая представляет экологическую и экономическую угрозу и требует контроля расселения этих видов.

Сводные данные, характеризующие инвазионный статус чужеродных видов семейства Ариасеае в Хабаровском крае приведены в Таблице 1. Для каждого вида указаны степень натурализации в показателях от N<sup>0</sup> до N<sup>9</sup>; распространение по 17 административным районам Хабаровского края; активность по пятибалльной шкале, на основе соотношения встречаемости, обилия и жизненности. По способу заноса выделены три группы: случайно занесенные – ксенофиты, беженцы из культуры – эргазиофиты и ксено-эргазиофиты – когда имеют место оба способа заноса.

Все выявленные на территории Хабаровского края чужеродные виды сем. Ариасеае можно разделить на три группы. Первая группа включает три наиболее агрессивных вида: *Pastinaca sylvestris*, *Carum carvi*, *Pimpinella saxifraga* и один потенциально агрессивный вид, *Aegopodium podagraria*. Распространение этих видов показано на рис. 1.

*Pastinaca sylvestris* Mill. – Пастернак лесной, является дикой формой культурного пастернака *P. sativa* L. В настоящее время дикая форма рассматривается как подвид культивируемого пастернака – *P. sativa* L. subsp. *sylvestris* (Mill.) Roug et Camus (The Plant List). Пастернак культивируют как ценное пищевое и лекарственное растение с античных времен. Четких признаков, отличающих культивируемые формы от растений из природных сообществ, выделить не удается, поэтому сложно охарактеризовать границы естественного ареала вида. Дикая форма повсеместно произрастает в Европе, на Кавказе, в Малой Азии на лугах и по берегам рек. В России вид является аборигенным в европейской части, в Крыму, Предкавказье, Дагестане, Западной Сибири [4].

Таблица 1. Показатели инвазионного статуса чужеродных видов сем. Ариасеae в Хабаровском крае

Название растения	Инвазио- ный ста- тус	Степень натура- лизации	Кол-во районов	Актив- ность	Способ заноса	Время заноса
<i>Pastinaca sylvestris</i>	очень высокий	N <sup>8</sup>	8	5	ксенофит	сер. XX в.
<i>Carum carvi</i>	очень высокий	N <sup>8</sup>	16	5	ксенофит	сер. XX в.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	высокий	N <sup>6</sup>	4	3	ксенофит	сер. XX в.
<i>Aegopodium podagraria</i>	средний	N <sup>4</sup>	2	2	эргазио- фит	2010–2015 гг.
<i>Eryngium planum</i>	низкий	N <sup>3</sup>	2	1	ксено- эргазио- фит	сер. XX в.
<i>Conium maculatum</i>	низкий	N <sup>3</sup>	1	1	ксенофит	сер. XX в.
<i>Daucus carota L.</i>	низкий	N <sup>2</sup>	1	1	ксенофит	сер. XX в.
<i>Turgenia latifolia</i>	низкий	N <sup>1</sup>	1	0	ксенофит	сер. XX в.
<i>Caucalis platycarpus</i>	низкий	N <sup>1</sup>	1	0	ксенофит	2015 г.
<i>Anethum graveolens</i>	очень низкий	N <sup>1</sup>	17	1	эргазио- фит	нач. XX в.
<i>Coriandrum sativum</i>	очень низкий	N <sup>1</sup>	4	1	эргазио- фит	нач. XX в.
<i>Levisticum officinale</i>	очень низкий	N <sup>0</sup>	1	0	эргазио- фит	нач. XXI в.
<i>Astrantia major L.</i>	очень низкий	N <sup>0</sup>	1	0	эргазио- фит	2015 г.

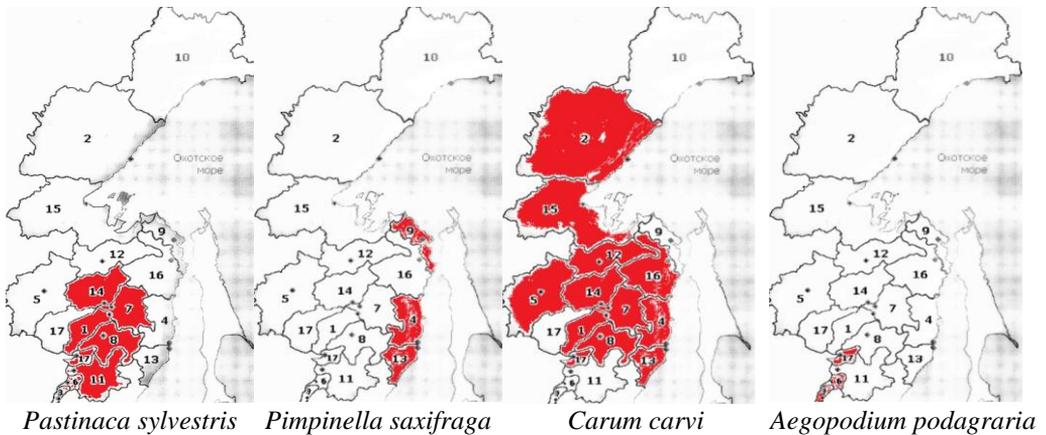


Рис. 1. Распространение видов с высоким инвазионным статусом по административным районам Хабаровского края

На территорию российского Дальнего Востока (РДВ), видимо, занесен из Восточной Сибири, где он является археофитом и входит в число растений, занесенных в Сибирь в период активного освоения этого региона русскими (с конца XVI до первой половины XVIII вв.). В настоящее время распространен в Приморском и Хабаровском краях, Сахалинской, Амурской и Еврейской авто-

номной областях. Начало активного расселения *Pastinaca sylvestris* было отмечено во второй половине прошлого века в Приморском крае. В это же время сделаны первые сборы в Хабаровском крае. Сначала сформировался крупный очаг в транспортно-промышленном центре края – городе Хабаровске, откуда с 2007–2010 гг. началось распространение в южные районы края. Пастернак формирует многокилометровые полосы вдоль федеральной автомобильной дороги М60 Хабаровск – Владивосток, заселяя преимущественно придорожное полотно и кюветы. Вдоль автомобильной трассы за пределы этих местообитаний пастернак выходит локально на открытые участки с нарушенным растительным покровом, но здесь он образует крупные почти монодоминантные заросли. Немного позже с 2017 г. началось массовое расселение на северо-восток по автомобильной трассе Хабаровск – Комсомольск-на-Амуре. Здесь пастернак заселяет аналогичные местообитания, также образуя многокилометровые полосы. В настоящее время важным сдерживающим фактором расселения пастернака вдоль крупных автомобильных дорог является очистка придорожной территории, особенно если она выполняется до начала плодоношения. Обычно так и происходит, так как к моменту цветения и плодоношения высота растений составляет 1,5–2,0 м. Тем не менее, на этих автомобильных трассах имеющих протяженность в пределах края более 200 км каждая, пастернак фиксируется ежегодно. Вторым важным магистральным путем расселения является железная дорога, которая также имеет общее направление на юг и северо-восток края. Здесь расселение пастернака менее интенсивно. Большая часть железной дороги пролегает по равнинным заболоченным ландшафтам, где мало пригодных экотопов для расселения пастернака. Обычно небольшие по численности локалитеты приурочены к железнодорожным станциям. В настоящее время по прежнему самым крупным очагом является г. Хабаровск, где пастернак наряду с многочисленными небольшими группами растений преимущественно вдоль железной дороги, на обочинах дорог, пустырях промышленной зоны и малоэтажной застройки, образует крупные заросли в зеленых зонах города.

*Carum carvi* L. – Тмин обыкновенный, давно введен в культуру и возделываться как эфиромасличное растение. В России культивируется с начала XIX века. Естественный ареал охватывает Европу, Азию, Северную Африку. В России естественный ареал ограничивается Восточной Сибирью. Во всех регионах РДВ является заносным. Впервые обнаружен в 1911 г. в окрестностях г. Владивостока, позже как редкость указывался для Приморья, Камчатки и Амурской области. Во второй половине прошлого века стал активно расселяться в Хабаровском крае и в настоящее время встречается во всех районах. Наивысшую степень натурализации проявляет в населенных пунктах побережья Татарского пролива (Советская Гавань, Ванино, Де-Кастри, Николаевск-на-Амуре и др.), это одно из самых массовых растений на газонах, рудерализированных лугах, железнодорожных склонах, обочинах дорог [2].

*Pimpinella saxifraga* Ledeb. – Бедренец камнеломковый, его естественный ареал охватывает Европу Кавказ, Юго-Западную Азию, Казахстан. В России граница распространения – Восточная Сибирь, на РДВ заносное. До середины прошлого века были известны сборы на Камчатке и юге Приморья. В конце прошлого века обнаружен в Хабаровском крае. Все находки приурочены преимущественно к морскому побережью и устью р. Амур (п. Ванино, г. Советская Гавань, Николаевск-на-Амуре). Здесь бедренец камнеломковый доминирует в луговых сообществах вдоль железной дороги и на сухих склонах по берегу Амура [2].

*Aegopodium podagraria* L. культурная форма *variegata* – Сныть обыкновенная пестролистная, популярное декоративное растение. Европейско-западносибирский вид. На юге края выращивается как почвопокровное растение. Быстро расселяется, образуя устойчивые локальные заросли по канавам, обочинам дорог, лесным опушкам недалеко от мест культивирования [1].

Вторая группа представлена низкоактивными видами, которые в настоящее время мало распространены на территории края, но исключить вероятность их дальнейшего расселения нельзя.

*Conium maculatum* L. – Болиголов пятнистый, его естественный ареал Европа, Кавказ, средняя Азия, Монголия, Западный Китай, Западная Сибирь. На РДВ обнаружен в 1962 г. в Приморском крае, в Хабаровском крае в середине прошлого века отмечался как обычный вид, в массе встречающийся по сорным местам в Ульчском районе. В настоящее время встречается очень редко, иногда выращивается на огородах как лекарственное.

*Eryngium planum* L. – Синеголовник плосколистный, естественный ареал: Европа, Грузия, Казахстан, Западный Китай, Монголия, Сибирь. На РДВ заносное, известно несколько местонахождений. С 1932 г. несколько раз собирался в Приморье, в Хабаровском крае в течение нескольких десятилетий произрастает как сорняк в дендрарии г. Хабаровска, тенденции к расселению не проявляет. В 2006 обнаружен в Николаевском районе, п. Маго, несколько растений на обочине дороги [2]. Изредка выращивается как декоративное для сухих букетов.

*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm. – Тургенция широколистная, естественный ареал: Европа, Сев. Африка, Закавказье, Иран, Юго-Зап. Азия, Казахстан. На РДВ была собрана в прошлом веке на Камчатке, в Хабаровском крае [5], приводится для Приморского края [3].

*Caucalis platycarpus* L. – Прищепник плоскоплодный, естественный ареал: Европа, Сев. Африка, Юго-Зап. Азия, Закавказье, Иран, Ирак, Афганистан, Киргизия, Туркмения, Казахстан. На РДВ известны находки в Амурской области, а также единичные сборы в Хабаровском крае [1].

*Daucus carota* L. – Морковь обыкновенная, является диким родичем культивируемой моркови *Daucus carota* subsp. *sativus* (Hoffm.) Arcang. Естественный ареал: Европа, Юго-Зап. и Зап. Азия. На РДВ в Хабаровском крае встречается очень редко как сорное растение [1].

Третья группа представлена видами, которые культивируются и могут встречаться недалеко от мест их выращивания, но в силу их биологии, вероятность дальнейшей натурализации очень мала.

*Anethum graveolens* L. – Укроп обыкновенный. Родина Средиземноморье. Культивируется во всех районах края, изредка отмечается недалеко от мест возделывания.

*Coriandrum sativum* L. – Кишнец посевной, или кинза, родина – Средиземноморье, откуда занесен во многие страны, где возделывается как пряность и дичает. На РДВ встречался еще в начале прошлого века на мусорных местах в корейских поселениях Приморья. Изредка отмечается по обочинам дорог на дачных участках в южных районах края.

*Levisticum officinale* Koch – Любисток аптечный, европейско-кавказский вид. Культивируется как пищевое растение, на юге края изредка отмечается на заброшенных огородах.

*Astrantia major* L. – Астранция крупная, европейский вид, культивируется как декоративное растение. Встречен несколько раз на брошенных клумбах г. Хабаровска [2].

Таким образом, чужеродная флора Хабаровского края представлена 13 видами сем. *Ariaceae*. Четыре вида активно расселяются по территории края, и при усилении антропогенной нагрузки будет происходить дальнейшее расширение их ареала. Необходим мониторинг инвазионного вида *Pastinaca sylvestris*, его распространение может привести экологическим и экономическим проблемам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова Л.А. Новые и редко встречающиеся адвентивные виды во флоре Хабаровского края. *Turczaniowia*. 2018. Т. 21. № 3. С. 97–101.
2. Антонова Л.А. Адвентивный компонент флоры морского побережья Хабаровского края // Комаровские чтения. 2014. № 62. С. 63–105.
3. Кожевников А.Е., Кожевникова З.В. Комплекс адвентивных видов растений как компонент природной флоры Дальнего Востока России: разнообразие и пространственные изменения таксономической структуры // Комаровские чтения. Вып. 58. Владивосток: Дальнаука, 2011. С 9–36.
4. Черная Книга флоры Сибири: моногр. / А. Л. Эбель, А. Н. Куприянов, Т. О. Стрельникова и др. – Новосибирск: Гео, 2016. 439 с.
5. Шлотгауэр С.Д., Небайкин В.Д. К познанию адвентивной флоры южной части Хабаровского края. / Бюлл. Главного ботанического сада АН СССР, вып.133. Ред. Лапин П.И. Москва: Наука, 1984. С. 42–45.

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ МАЛОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРВЫЕ ГОДЫ ЗАПОЛНЕНИЯ (РЕКА АМАЗАР, АМУРСКИЙ БАССЕЙН, РОССИЯ)****Базарова Б.Б., Куклин А.П., Михеев И.Е., Афонина Е.Ю.,  
Ташлыкова Н.А., Матафонов П.В., Цыбекмитова Г.Ц.***Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН. Чита, Россия***BIODIVERSITY OF A SMALL RESERVOIR DURING THE INITIAL FILLING PHASE (AMAZAR RIVER, AMUR RIVER BASIN, RUSSIA)****Bazarova B.B., Kuklin A.P., Mikheev I. E., Afonina E. Yu.,  
Tashlykova N. A., Mataphonov P. V., Tsybekmitova G. Ts.***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS Chita, Russia*

**Abstract.** In 2017, for the purposes of the Pulp and Saw Mill (PSM) “Polyarnaya”, the spillover dam was constructed on the Amazar River, a left tributary of the Amur River. Upon completion of the dam, the waters of the river formed a small river reservoir PSM “Polyarnaya”. This work covers findings on components and quantities of the newly formed reservoir at its initial stage and data on biodiversity of its feeding flows. At this stage, the species composition of the flora and fauna in the reservoir falls in between the lacustrine and the riverine ones. The riverine conditions are observed in the upstream area of the reservoir; the middle area bears an intermediate status; while the limnetic zone near the dam features transformation of the river system into a lake-like running-water ecosystem. Seasonally, in the period from spring to autumn, phytoplankton showed a decreasing trend of quantitative values; whereas total abundance and biomass of zooplankton were increasing; zoobenthos featured lack of trends; macrophytes contents were different from season to season being abundant in the Amazar River near the urban settlement in spring and in the Amazar River downstream from the dam in autumn. Consequently, the initial stage of formation of the reservoir is rather similar to original watercourses in physical and chemical parameters and in the composition of flora and fauna as well.

Река Амазар – первый крупный левобережный приток р. Амур, является рекой высшей рыбохозяйственной категории. В 2017 г. в 137 км от устья р. Амазар для нужд целлюлозно-бумажного комбината (ЦПК) «Полярная» построена плотина высотой 11 м и длиной 600 м и образовано водохранилище. Плотина гидротехнического сооружения оборудована лестничным рыбоходом, аналогом которого является рыбоход Нижне-Туломской ГЭС [1]. В настоящее время водохранилище не включено в Государственный водный реестр. Финансирование строительства ЦПК «Полярное» прекращено. Еще до начала строительства предприятия был проведен подробный анализ экологических рисков данного предприятия, который, к сожалению, игнорировали [2].

В данной статье представлены результаты первых исследований биоразнообразия гидробионтов новообразованного водохранилища на р. Амазар.

Научно-исследовательские работы в бассейне р. Амазар осуществлялись весной (май) и осенью (октябрь) 2018–2019 гг. и летом (август) 2018 г. Гидробиологические исследования проведены согласно общепринятым методам и методикам. Исследования проведены на 8 станциях: 1 – р. Амазар район пгт. Амазар; 2 – р. Большая Чичатка в районе пгт. Амазар; в водохранилище: 3 – русловая зона, 4 – переходная лимническая; 5 – верхний бьеф; 6 – рыбоход; 7 – нижний бьеф; 8 – устье р. Крестовая.

Созданное водохранилище ЦПК «Полярная» имеет протяженность 7,5 км и площадь 1,46 км<sup>2</sup> расположено в 8 км от пгт. Амазар. Нормальный подпорный уровень (НПУ) водохранилища составляет 429,60 м, полный статический объем – 4,73 км<sup>3</sup>. Наполнение водохранилища происходит в период весеннего половодья (апрель–май). Созданное водохранилище по площади и объему относится к малым, по глубине – мелководным, по морфологии ложа – речным руслового типа, по форме – простым линейно-протяженным, по характеру регулирования стока – сезонного регулирования.

По результатам батиметрической съемки в водохранилище можно выделить 3 зоны: русловая мелководная, переходная лимническая и лимническая (рис. 1). Ширина русловой зоны колеблется в пределах 120 м, средняя глубина воды – до 2,0 м. Переходная лимническая зона имеет ширину до 150 м, глубина возрастает до 6,0 м. Лимническая зона характеризуется сочетанием мелководных зон (до 260 м по протяженности) и глубоководных участков на месте русла (до 9,8 м). Мелководья представляют собой затопленную закустаренную пойму по берегам реки, здесь происходит накопление древесных порубочных остатков, образовавшихся при расчистке ложа. В водохранилище наибольшей площадью обладают глубины от 0 до 3 м, составляющие более 53% от всей площади дна. Глубины от 3,5 до 7,5 м занимают 37% от всей площади дна. На остальные 10% приходятся глубины от 7,5 до 11 м. Поэтому зимнее снижение уровня воды в водохранилище при работе комбината с учетом промерзания будет оказывать значительное влияние на донные биоценозы.

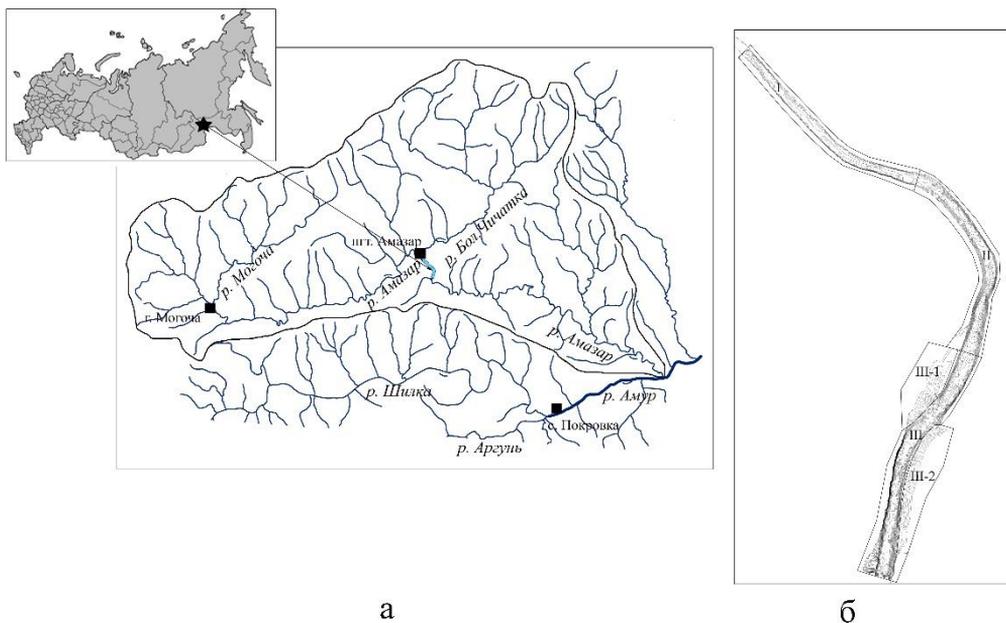


Рис. 1. Карта-схема местоположения водохранилища ЦПК «Полярная»  
 Зоны водохранилища: I – русловая мелководная; II – переходная лимническая;  
 III – лимническая; подзоны III.1 – мелководный залив со старичными водое-  
 мами; III.2 – мелководье затопленной поймы.

На период обследования в фитопланктоне обнаружено 85 таксонов водорослей, рангом ниже рода, относящихся к 6 отделам (*Cyanobacteria* – 6 таксонов, *Bacillariophyta* – 45, *Chrysophyta* – 8, *Dinophyta* – 1, *Charophyta* – 9, *Chloro-*

*phyta* – 19 и *Euglenophyta* – 2). Численность и биомасса фитопланктона были низкими, диапазон их варьирования незначительный. В сезонном аспекте, от весны к осени, в фитопланктоне отмечалось снижение значений количественных показателей. Полученные данные показали, что альгофлора Амазарского водохранилища создавалась преимущественно водорослями р. Амазар. Состав доминирующего комплекса водохранилища и реки схож, и характеризуется высокими значениями коэффициента Серенсена. Фитопланктон Амазарского водохранилища характеризовался на момент обследования низким видовым разнообразием. Аналогичная картина отмечена для Павловского, Юмагузинского, Бурейского и других русловых водохранилищ. Для водорослей планктона Амазарского водохранилища не отмечено обильное развитие цианобактерий в первые годы становления. Напротив, в обследованном водохранилище в течение всего вегетационного периода доминируют диатомовые водоросли, что характерно и для других водохранилищ подобного типа.

В составе макрофитных водорослей обнаружено 28 видов, форм и разновидностей макроводорослей, относящихся к 5 систематическим отделам: *Cyanophyta* (4 вида), *Ochrophyta* (4 вида), *Rhodophyta* (2 вида), *Chlorophyta* (11 видов), *Charophyta* (7 видов). В видовом составе бассейна преобладающими порядками из *Cyanophyta* являются *Nostocales* (3 вида), из *Chlorophyta* – *Chaetophorales* (3 вида). Фитомасса сообществ макроскопических водорослей изменяется в довольно широких пределах (табл.1).

Таблица 1. Фитомасса (мг/м<sup>2</sup>) макроскопических водорослей в р. Амазар в весенний период 2018 г.

Станция	Вид	Фитомасса, мг/м <sup>2</sup>	
		Воздушно сырая масса	Воздушно сухая масса
р. Амазар, пгт. Амазар	<i>Mougeotia</i> sp <sub>2</sub> . ster.	11,447	3,395
р. Амазар, ниже плотины	<i>Mougeotia</i> sp <sub>2</sub> . ster.	5,152	1,515
	<i>Audouinella chalybea</i>	5,965	2,281
	<i>Draparnaldia mutabilis</i>	1,132	0,226
	<i>Audouinella chalybea</i>	0,660	0,198
р. Амазар, нижнее течение	<b>Итого</b>	1,792	0,425
	<i>Mougeotia</i> sp <sub>2</sub> . ster.	125,122	48,780
	<i>Calothrix gypsophila</i> f. <i>orsiniana</i>	9,512	3,659
	<b>Итого</b>	134,634	52,439

В составе мейофауны бассейна р. Амазар отмечено 56 таксонов рангом ниже рода, из которых 32 – Rotifera, 18 – Cladocera и 9 – Copepoda. Встречались также коловратки отряда Bdelloida, ювенильные стадии ракообразных из Harpacticoida, Cyclopoida и Calanoida, определение которых до вида не представлялось возможным. Основным биофондом, за счет которого формируется зоопланктон Амазарского водохранилища, является мейофауна р. Амазар. Таксономический состав беспозвоночных водохранилища и реки характеризуется достаточно высоким значением коэффициента сходства Чекановского-Серенсена. Как для реки, так и для водохранилища отмечаются низкие количе-

ственные показатели гидробионтов. Максимальные значения численности и биомассы выявлены в лимнической зоне водохранилища, преимущественно за счет веслоногих ракообразных. Фауна коловраток и ракообразных Амазарского водохранилища по данным 2018–2019 гг. характеризовалась бедным видовым разнообразием, что также отмечалось для русловых водохранилищ Енисея, Иртыша, Завхана. Низкая плотность планктонной фауны Амазарского водохранилища в первые годы его существования связана с большой бедностью речного планктона, отсутствием близко расположенных пойменных водоемов, отсутствием литоральной зоны, большим количеством минеральных взвесей, приносимых с амазарской водой, пагубно влияющих на жизнедеятельность зоопланктона.

В составе зообентоса обнаружено 14 таксономических групп. Число таксонов в пробах изменялось от одного до семи. Постоянными представителями зообентоса были хирономиды со встречаемостью 100%, олигохеты – 67%, ручейники и поденки – 57%, гастроподы – 52%, веснянки – 33% (табл. 2).

Таблица 2. Численность (N, экз./м<sup>2</sup>) и биомасса (B, г/м<sup>2</sup>) зообентоса обследованных водоемов, май 2019 г.

Объект	Водохранилище		р. Крестовая		р. Б. Чичатка		Амазар					
	Станция		устье				за плотиной		п. Амазар			
Номер станции глубина, м	№8		№6		№2		№5		№1		№4	
	6	1,9	3,5	0,3	0,3	0,5						
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Олигохеты	40	0,24	–	–	1480	4,24	50	0,40	–	–	67	0,15
Пиявки	–	–	13	2,16	–	–	–	–	–	–	–	–
Гастроподы	80	1,12	27	11,54	120	1,2	–	–	–	–	33	0,67
Веснянки	–	–	–	–	40	0,12	67	0,30	–	–	33	0,08
Поденки	320	3,32	27	0,03	440	2,76	67	0,48	–	–	67	0,15
Ручейники	–	–	107	0,09	40	0,08	885	9,59	–	–	67	0,05
Вислокрылки	–	–	13	0,01	–	–	–	–	–	–	–	–
Табаниды	–	–	–	–	–	–	17	0,12	–	–	–	–
Мошки	–	–	–	–	–	–	50	0,03	–	–	–	–
Мокрецы	80	0,04	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Хирономиды	880	2,8	536	0,24	720	0,6	2739	1,82	985	0,43	1470	1,15
Всего	1400	7,52	724	14,07	2840	9,0	3874	12,74	985	0,43	1737	2,25
Число таксонов	5		6		6		7		1		6	

Зообентос характеризуется высокими показателями таксономического разнообразия и биомассы в водохранилище. Таксономический состав лимнического участка водохранилища смешанный с присутствием как реофилов (поденки, ручейники), так и лимнофилов (олигохеты, пиявки, хирономиды, гастроподы). В сравнении с 2004 г. [3] отмечается увеличение биомассы зообентоса. Низкие показатели разнообразия и обилия зообентоса ниже плотины наблюдались в течение всего периода исследований в 2018–2019 гг. Следует отметить, что до строительства водохранилища в октябре 2004 г. на участке ниже ожидаемого затопления были отмечены высокая численность личинок хирономид (25190 экз./м<sup>2</sup>) и сравнительно высокая биомасса зообентоса (3,6 г/м<sup>2</sup>) [2]. Негативное влияние на состояние зообентоса в настоящее время оказывает механи-

ческое воздействие водного потока, обрушающегося с плотины. Рассматривая формирование озерного облика зообентоса водохранилища р. Амазар, нужно учитывать влияние на этот процесс высокой проточности водохранилища и вероятности паводков, снижающих скорость накопления илов. В соответствии с данным ранее прогнозом [2] процесс достижения бентосом относительно стационарного состояния, будет зависеть от скорости образования устойчивого грунтового комплекса.

В настоящее время флора и фауна водохранилища по видовому составу и количественному богатству занимает промежуточное положение между озерной и речной. В верхнем участке водохранилища сохраняются речные условия, средний – носит промежуточный характер, а в лимнической приплотинной зоне наблюдается преобразования речной системы в озеровидную проточную экосистему. В сезонном аспекте, от весны к осени, в фитопланктоне отмечалось снижение количественных показателей; в зоопланктоне, наоборот, наблюдалось увеличение общей численности и биомассы; в зообентосе нет единой картины; развитие макрофитов по сезонам отличалось местами концентрации, весной макрофиты были обильны в р. Амазар пгт. Амазар, осенью в р. Амазар ниже плотины. Таким образом, в начальную стадию формирования водохранилища по своим параметрам очень близко материнским водотокам, как по физико-химическим параметрам, так и по составу флоры и фауны.

*Работа выполнена в рамках проекта FUFР-2021-0006 № 121032200070-2*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горлачева Е. П., Куклин А. П., Михеев И. Е., Базарова Б. Б. Динамика и современное состояние ихтиофауны реки Амазар после строительства гидроузла ЦПК "Полярная" // Амурский зоологический журнал, 2020. Т. 12. № 3. С. 345–356.
2. Симонов Е.А. Амазарский лесопромышленный комплекс («ЦПК «Полярная» и прочие дочерние предприятия компании синбан Гуоцзи) // <https://www.researchgate.net/publication/322231581>. DOI:10.13140 / RG.2.2.17264.35846
3. Матафонов Д.В. Прогноз в изменении структуры донных сообществ реки Амазар в связи со строительством амазарского целлюлозного завода // Мат-лы всерос. науч.-практ. конф. «Научные основы экологического мониторинга водохранилищ». Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2005. С. 109–112

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О СУЩЕСТВОВАНИИ  
ВОСТОЧНО-АЗИАТСКОГО АРЕАЛА АБМРОЗИИ В ГОЛОЦЕНЕ****Базарова В.Б., Кудрявцева Е.К., Лящевская М.С.***Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия***PREVIOUS DATA ON EXISTENCE OF EAST ASIAN AMBROSIA  
AREAL IN HOLOCENE****Bazarova V.B., Kudryavtseva E.P., Lyashchevskaya M.S.***Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia*

**Abstract.** According to geobotanists, for the first time ambrosia appeared in Europe not earlier than the 18<sup>th</sup> century. Since the end of the early Holocene the Ambrosia occurred in the plant communities in the east of the Asian continent. In the south of the Russian Far East this species appeared in the middle Holocene and distributed at the latest. The previous data allow suppose on existence of origin center of the ragweed distribution on east of the Eurasia by far early of 18<sup>th</sup> century. The modern centers of Ambrosia expansion on west and on east of Eurasia, and on north-eastern China and on south of Russian Far East developed independently.

Род *Ambrosia* насчитывает около 40 видов, родина которых – Северная Америка. *Ambrosia artemisiifolia* естественно произрастает во всех провинциях Канады, в восточных и юго-восточных штатах США. Популяции центральных и западных регионов США рассматриваются как вторичные.

В Европе первые описания этого вида были сделаны во Франции в 18 в. [12]. На востоке Евразийского континента самое раннее упоминание об этом растении относится к началу эры Мэйдзи (1860–1870 гг.) в Японии [14]. В Китае амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia*) была впервые найдена в 1930-х годах [16]. На Корейском полуострове *Ambrosia artemisiifolia* и *Ambrosia trifida* появились во время Корейской войны (1950–1953 гг.) [15]. В России первые растения этого вида отмечены в 1918 г. на территории Ставропольской опытной станции [6]. В Приморском крае вид впервые был обнаружен в окрестностях г. Спасска-Дальнего в 1963 г. [8]. В Хабаровском крае вид массово встречается в южных районах – Бикинском и Вяземском [2]. В последние годы единичные находки амброзии сделаны в ЕАО, Амурской области и на о. Сахалин [1] (рис. 1).

В настоящее время амброзия в европейской части России распространена почти повсеместно до 60° с. ш., а на юге Дальнего Востока – до 50° с. ш. (рис. 2). К началу 21 в. вид сформировал два крупных вторичных ареала на Евразийском континенте – европейский и восточноазиатский.

*Ambrosia artemisiifolia* занимает разнообразные местообитания от влажных до сухих, переносит временное избыточное увлажнение, но не встречается на заболоченных участках. Амброзия полыннолистная – гелиофит, для прорастания её семян необходимы открытые, незадернованные участки, поэтому обычными местообитаниями являются сельскохозяйственные земли, сбитые пастбища, обочины дорог, железнодорожные насыпи, мусорные места. Расселению вида на территории юга Дальнего Востока способствует сооружение линейных сооружений с нарушением растительного покрова (лесовозные и магистральные дороги, линии нефте- и газопроводов), причем вид отмечается и на значитель-

ном удалении от населенных пунктов. При значительном запасе семян на заброшенных пашнях амброзия поселяется в первый год, а на линии нефтепровода на 1–2 год после введения объекта в эксплуатацию. Проникновение этого вида в естественные ненарушенные сообщества не отмечается.

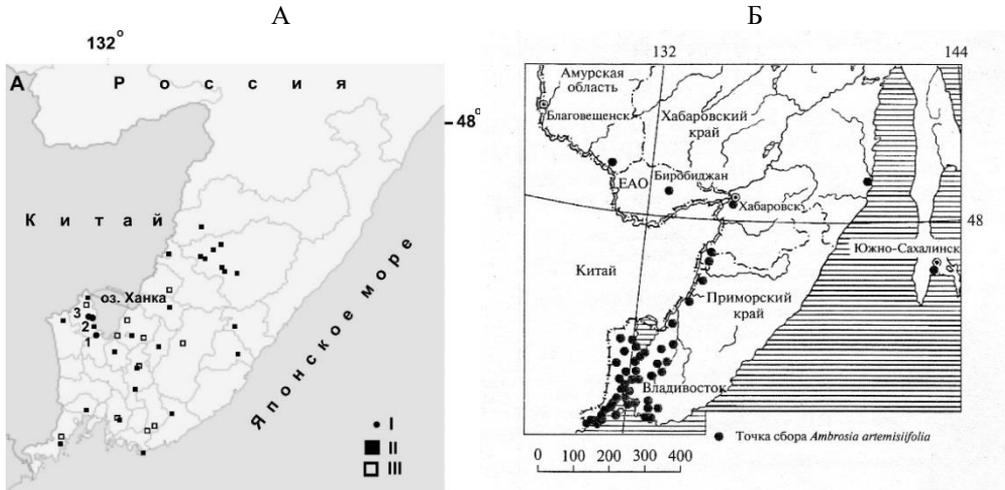


Рис. 1. Современное распространение амброзии: А – в Приморском крае и Б – на юге Дальнего Востока [1]

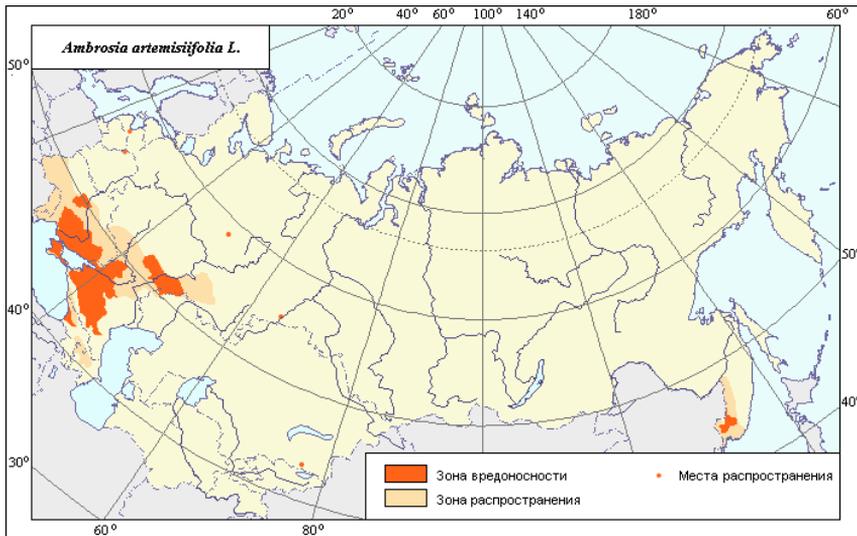


Рис. 2. Ареал и зоны вредности амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.) [7]

Впервые присутствие пыльцы *Ambrosia* в голоценовых отложениях было обнаружено при исследовании культурных археологических слоев первой половины второго тысячелетия до н. э. и второй половины второго тысячелетия до н. э. на Приханкайской равнине [3]. В разрезе пойменных отложений р. Мельгуновка пыльца амброзии встречена в горизонте песка, осажденного в III в. до н. э., и гумусированного суглинка, отложившегося в IV–III вв. до н. э. Еще один пик амброзии (до 23%) на спорово-пыльцевой диаграмме появляется в верхней части горизонта гумусированного суглинка, отложившегося на пойме во время

малого ледникового периода (1536±68 лет AD или XV–XVI вв. н. э.). В разрезе пойменных отложений р. Комиссаровка пыльца амброзии единично появляется в горизонте суглинка, накопившегося в V–VI вв. н. э. Первый значительный пик пыльцы отмечен в горизонте песка, отложившегося во время малого климатического оптимума голоцена (IX–X вв. н. э.). Второй пик проявляется в почвенном горизонте, который сформировался в течение малого ледникового периода голоцена (1367±46 лет AD или XIV–XV вв. н. э.). В приустьевой зоне р. Комиссаровка в отложениях берегового аккумулятивного песчаного вала, возраст которого ~1000 лет, первые зерна амброзии встречены в осадках, которые формировались во время малого оптимума голоцена, последующие – в отложениях малого ледникового периода (1369±46 лет AD, 1577±63 лет AD) [9, 10, 11].

В литературных источниках по Юго-Восточной Азии упоминается, что в отложениях дельтовой зоны р. Янцзы пыльца *Ambrosia* отмечена единичным присутствием в осадках, датированных 8320±170 л. н. и ~4 тыс. л. н. [16]. На Корейском полуострове она найдена в отложениях раннего-среднего (8425–7520 кал. л. н.) и конца среднего-начала позднего голоцена (4700–2170 кал. л. н.) [13, 15].

Таким образом, на востоке Азии наиболее древние осадки с пылью амброзии найдены на юге Китая и на Корейском полуострове (конец раннего-начало среднего голоцена). Для территории Приморья первые материалы о среднеголоценовом возрасте осадков с пылью амброзии были опубликованы в 90-х гг. прошлого столетия [3, 4]. Поэтому мнение геоботаников о появлении амброзии на Евразийском континенте не ранее 18 в. н. э. вступают в противоречие с данными о нахождении ее пыльцы в отложениях голоцена на востоке евразийского континента. Но вопрос о существовании голоценового ареала амброзии на востоке Азии в этих публикациях не ставился. Последующие данные, полученные в начале 21 в. при изучении отложений разного генезиса на юге Дальнего Востока [9, 10, 11], позволяют говорить, что в голоцене помимо американского ареала амброзии параллельно существовал ареал этого рода на востоке азиатского континента. Кроме этого, найдены литературные источники [17, 18, 20], в которых упоминается нахождение пыльцы амброзии в средне-позднеголоценовых торфяных отложениях Западной и Восточной Европы. Недостаточная степень палеоботанической изученности территорий не позволяет с достоверностью говорить об отсутствии на ней тех или иных растений в прошлые времена. Общеизвестна историческая общность развития флор Восточной Азии и Северной Америки и их сходство. Поэтому не лишено смысла в этой связи предположение о существовании еще одного ареала произрастания видов *Ambrosia* на востоке Евразии в минувшие тысячелетия.

Не исключено, что распространение амброзии на юге Дальнего Востока связано с появлением контактов, дальнейшим их расширением и постепенной миграцией древних людей с территорий Китая и Кореи, а также началом земледелия на Приханкайской равнине (~4,6–3,7 тыс. л. н., поздний неолит) [5]. Выявленная связь между поселениями древнего человека и распространением палеоамброзии позволяет с высокой степенью вероятности сделать заключение о сходной экологии вымершего вида с современной амброзией.

Отсутствие пыльцы амброзии в субфоссильных спорово-пыльцевых осадках Приханкайской равнины подтверждает, что современный (вторичный) изолированный центр распространения амброзии на юге Дальнего Востока России появился в 60–70-х годах XX столетия. Авторы настоящей работы считают, что вторичные очаги расселения вида на востоке и западе евразийского континента

формировались независимо, а также подчеркивают независимость формирования вторичных ареалов вида на территории Северо-Восточного Китая и на юге Дальнего Востока России.

В настоящее время амброзия является угрозой для здоровья окружающей среды не только в его родной Северной Америке, но и во многих частях мира, где она широко распространилась.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аустова Е.В., Безбородов В.Г., Гуськова Е.В., Рогатных Д.Ю. Формирование трофических связей аборигенных видов жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) с *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) в условиях Приморского края России // Зоол. журн. 2014. Т. 93, № 8. С. 960–966.
2. Антонова Л.А. Адвентивный компонент флоры морского побережья Хабаровского края // Комаровские чтения. 2014. Вып. 62. С. 63–105.
3. Верховская Н.Б., Есипенко Л.П. О времени появления *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) на юге Российского Дальнего Востока // Бот. журн. 1993. Т. 78, № 2. С. 94–101.
4. Верховская Н.Б., Кундышев А.С. Растительность побережья залива Петра Великого в оптимальную фазу голоцена // Комплексное изучение разрезов голоценовых отложений побережья залива Петра Великого (Японское море) / Ред. Я.В. Кузьмина. М.: Изд-во Багира-Пресс. 1995. С. 8–17.
5. Клюев Н.А., Сергушева Е.А., Верховская Н.Б. Земледелие в финальном неолите (по материалам поселения Новоселище-4) // Традиционная культура Востока Азии / Ред. Д.П. Болотин, А.П. Забияко. Благовещенск: Изд-во Амурского гос. ун-та, 2002. С. 102–126.
6. Марьюшкина В.Я. Амброзия полыннолистная и основы биологической борьбы с ней. Киев: Наукова думка, 1986. 120 с.
7. Надточий И.Н., Будревская И.Ф. Ареал и зоны вредоносности амброзии полыннолистной. 2003. [http://www.agroatlas.ru/ru/content/weeds/Ambrosia\\_artemisiifolia/map/index.html](http://www.agroatlas.ru/ru/content/weeds/Ambrosia_artemisiifolia/map/index.html)
8. Пименов М.Г., Хохряков А.П., Пименова Р.Е. Флористические новинки из Южного Приморья // Бюл. Главн. ботан. сада АН СССР. 1966. Вып. 63. С. 78–79.
9. Bazarova V.B., Mokhova L.M., Orlova L.A., Belyanin P.S. Variation of the Lake Khanka Level in the Late Holocene, Primorye // Russian Journal of Pacific Geology. 2008. Vol. 2, N 3. P. 82–86.
10. Bazarova V.B., Lyashchevskaya M.S., Makarova T.R., Orlova L.A. Sedimentation Conditions on Floodplains of Rivers of the Khanka Plain (Southern Far East) in the Middle-Late Holocene // Russian Journal of Pacific Geology. 2018a. Vol. 12. P. 593–603.
11. Bazarova V.B., Lyashchevskaya M.S., Makarova T.R., Makarevich R.A., Orlova L.A. Holocene overbank deposition in the drainage basin of Lake Khanka // Russian Geology and Geophysics. 2018b. Vol. 59. P. 1410–1418.
12. Chauvel B., Dessaint F., Cardinal-Legrand C., Bretagnolle F. The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records // J. Biogeogr. 2006. No. 6. P. 665–673.
13. Evstigneeva T.A., Naryshkina N.N. Mid-Holocene Vegetation and Environments on the Northeastern coast of Korean Peninsula // Botanica Pacifica. A journal of plant science and conservation. 2013. Vol. 2, No. 1. P. 27–34.
14. Kato A., Ohbayashi N. 2008. Insect Communities Associated with an Invasive Plant the Common Ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* L. in Western Japan // Jpn. J. Environ. Entomol. Zool. Vol. 19. P. 125–132.
15. Kim Ch-G., Kil J. Alien flora of Korean Peninsula // Biological Invasions. 2016. Vol. 18. P. 1843–1852.
16. Liu K-B., Qiu H-L. Late Holocene pollen records of vegetation changes in China: climate or human disturbance? // Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences. Vol. 5. P. 393–410.

---

---

17. Margieliewski W., Kolaczek P., Michczynski A., Obidowicz A., Pazdur A. Record of the Meso- and NeoHolocene paleoenvironmental changes in the Jesionova landslide peat bog (Beskid Sadecki Mts. Polish Outer Carpathians) // *Geochronometria*. 2011. Vol. 38, No. 2. P. 138–154.

18. Nosova M., Severova E., Volkova O. A 6500-year pollen record from the Polistivo-Lovatskaya Mire System (northwest European Russia). Vegetation dynamics and signs of human impact // *Grana*. 2017 (DOI: 10.1080/00173134.2016.1276210).

19. Qin Z., Ditommaso A., Wu R.S., Huang H.Y. Potential distribution of two *Ambrosia* species in China under projected climate change // *European Weed Research Society*. 2014. No. 54. P. 520–531.

20. Valsecchi V., Carraro G., Conedera M., Tinner W. Late-Holocene vegetation and land-use dynamics in the Southern Alps (Switzerland) as a basis for nature protection and forest management // *The Holocene*. 2010. Vol. 2, No. 4. P. 483–495.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ДЕНДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ  
АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДЕРЕВЬЕВ  
PINUS SYLVESTRIS L. В ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНАХ  
ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ**

**Вахнина И. Л.<sup>1,2</sup>, Мыглан В.С.<sup>1</sup>, Носкова Е.В.<sup>2</sup>, Баринов В.В.<sup>1</sup>, Тайник А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия*

**COMPARATIVE DENDROECOLOGICAL ANALYSIS  
OF THE PARAMETERS OF ANNUAL RINGS OF *PINUS SYLVESTRIS* L.  
TREES IN THE FOREST-STEPPE AND STEPPE ZONES  
OF EASTERN TRANSBAIKALYA**

**Vakhnina I.L.<sup>1,2</sup>, Myglan V.S.<sup>1</sup>, Noskova E.V.<sup>2</sup>, Barinov V.V.<sup>1</sup>, Taynik A.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the SB RAS, Chita, Russia*

**Abstract.** The analysis of the parameters of the annual rings (the width of the annual rings, early and late wood) of Scots pine trees was carried out according to two tree ring chronologies built on the steppe and forest-steppe zones of Eastern Transbaikalia. The maximum duration of the chronologies was 219 years and 254 years, respectively. The analysis of the relationship of the studied parameters with air temperature, precipitation and aridity and humidification indices has been carried out.

Современные климатические тенденции вызывают значительную трансформацию функционирования лесных экосистем. Если на верхнем пределе распространения древесной растительности ведущими лимитирующими факторами являются температура воздуха, ее устойчивый рост и ветровой режим, отмечаемые в последние десятилетия, приводит к ряду отрицательных тенденций, то влияние происходящих изменений на древесную растительность степной и лесостепной зон умеренного пояса не так однозначно, в силу комплексного воздействия ряда факторов. Радиальный прирост является надежным источником косвенных данных с высоким разрешением о динамике условий окружающей среды, включая климатические параметры [5].

Для всей территории Восточного Забайкалья свойственны черты резко континентального климата, в то время как локальные условия произрастания древесной растительности в разных природных зонах существенно различаются. Лесостепь в отличие от степи характеризуется более низкими температурами воздуха и сравнительно большим количеством атмосферных осадков [1-3].

Керны для исследования были отобраны с помощью бура Пресслера со стволов деревьев сосны обыкновенной, произрастающих на двух участках в лесостепной и степной зонах Восточного Забайкалья. Обработка материала и получение результатов осуществлялись согласно общепринятым современным методикам с использованием программного обеспечения: CooRecorder, CDendro, TSAP, COFFECNA, ARSTAN [4].

В результате работы были построены две древесно-кольцевые хронологии по разным параметрам годичных колец (ширина годичных колец, ранней древесины и поздней древесины) для степной и лесостепной зон (рис. 1, 2). По лесостепной зоне – хронология Nov с максимальной продолжительностью 254 года,

охватывающая период с 1766 по 2019 гг. Значения ширины годичных колец здесь в среднем составили 1,35 мм, ширина ранней древесины – 1,04 мм, поздней – 0,31 мм. Максимальная длительность хронологии по степной зоне (Tz) составила 219 лет (1799–2017 гг.). Средняя ширина годичных колец у деревьев степной зоны – 1,66 мм, ранней древесины – 1,25 мм, поздней – 0,41 мм. В то же время количество выпавших годичных колец у деревьев, произрастающих в степной выше (0,61%), чем в лесостепной (0,58%).

Дендроклиматический анализ полученных хронологий показал, что наибольший вклад в изменение исследуемых параметров годичных колец деревьев сосны обыкновенной в лесостепной и степной зонах Восточного Забайкалья вносят атмосферные осадки. И хотя, значимые коэффициенты корреляции с температурой воздуха выявлены только для деревьев, произрастающих в лесостепной зоне, ее влияние в степной зоне косвенно проявляется в связях хронологий с режимом увлажнения территории. С гидротермическим коэффициентом Г.Т. Сеянинова (ГТК), индексами засушливости Д.А. Педя (SI) и суровости засухи Палмера (PDSI) значимые корреляции получены для хронологий по обеим зонам. При этом, деревья степной зоны по сравнению с лесостепной более чувствительно реагируют на засухи (SI, PDSI), лесостепной – на увлажненность (ГТК). Из рассматриваемых индексов засушливости и увлажнения наиболее тесные связи получены между параметрами хронологий и индексом суровости засухи Палмера. Ширина годичного кольца и ширина ранней древесины демонстрируют более высокие корреляционные связи с метеопараметрами.

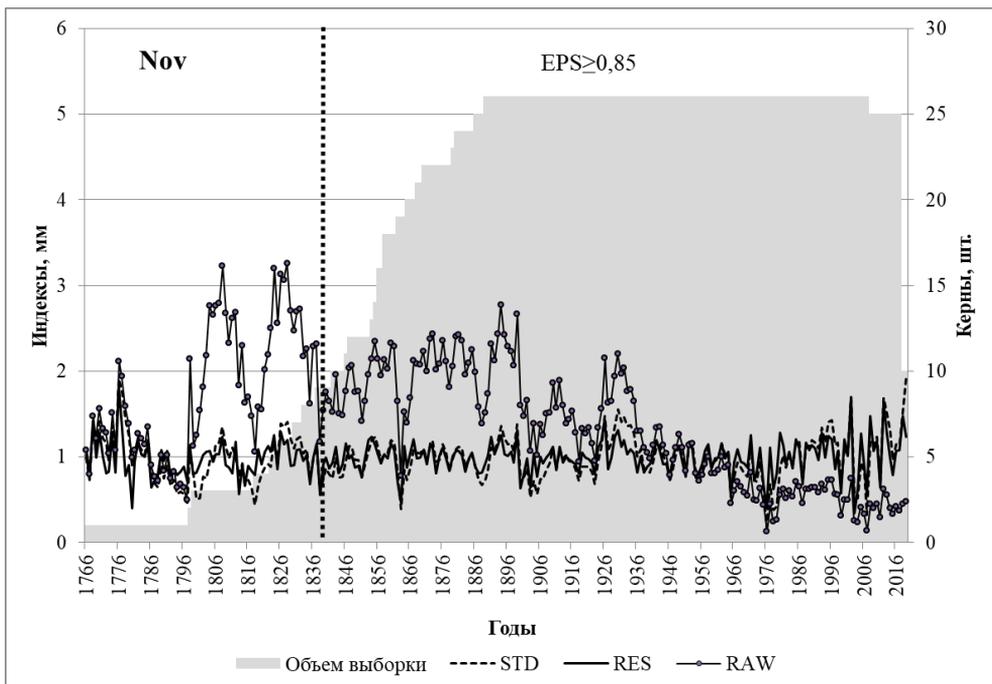


Рис. 1. Обобщенная древесно-кольцевая хронология по ширине годичных колец для лесостепных условий местопроизрастания с указанием количества образцов для каждого года. Пороговое значение  $EPS \geq 0,85$  отделено вертикальной штриховой линией

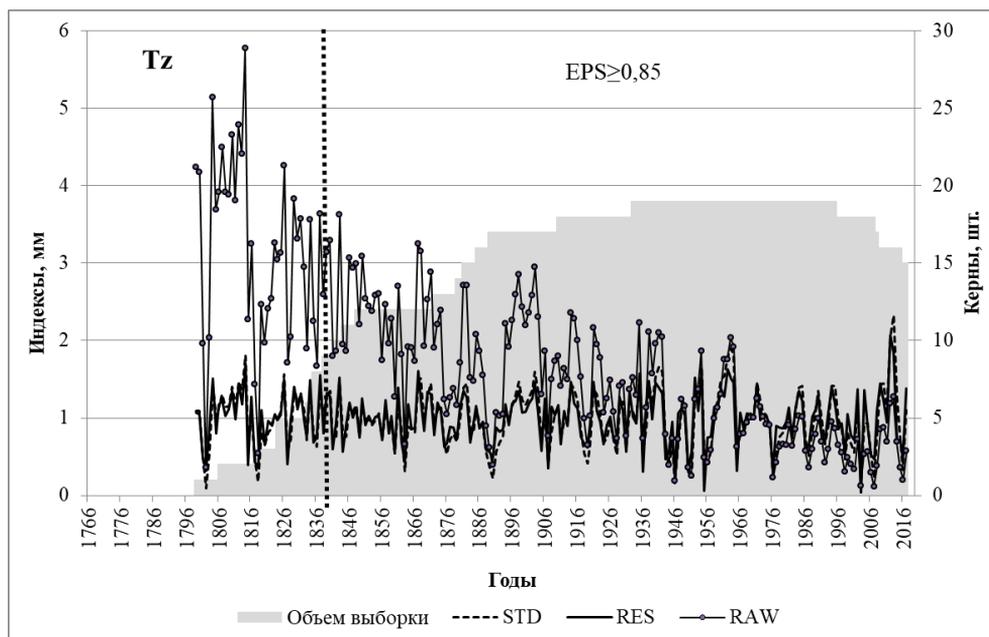


Рис. 2. Обобщенная древесно-кольцевая хронология по ширине годичных колец для степных условий местопроизрастания с указанием количества образцов для каждого года. Пороговое значение  $EPS \geq 0,85$  отделено вертикальной штриховой линией

Сбор и обработка дендрохронологического материала, а также построение и характеристика древесно-кольцевых хронологий осуществлены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-14-00028). Подготовка метеорологических данных и их анализ выполнены в рамках государственного задания по теме «Механизмы обеспечения экономической устойчивости и экологической безопасности в новой модели развития регионов Востока РФ в условиях трансграничных отношений и глобальных вызовов 21 в.» (№ гос. регистрации 121032200126-6).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Забайкальского края. Чита: Экспресс-издательство, 2010. 48 с.
2. Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Курганович К.А. Характеристика условий увлажнения территории бессточных озер Торейской равнины с использованием метеорологических данных // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25, № 3. С. 22–30. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-3-22-30.
3. Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В. Суммы активных температур воздуха (выше 10 °С) на территории Забайкальского края // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 148–153. DOI: 10.17513/use.
4. Vakhnina I.L., Taynik F.B., Sidorova M.O., Noskova E.V. Construction of a long (571-year) precipitation sensitive tree-ring chronology for the steppe zone of Transbaikalia // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2019. Vol. 19. Iss. 3.2. P. 739–744. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/S14.095/.
5. Fritts H.C. Tree rings and climate. London: N.Y.; San Francisco: Acad. Press, 1976. 582 p.

## О ДИНАМИКЕ ГРАНИЦ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДИКИХ КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ.

Ермолин А.Б.

*Благотворительный фонд «Биосфера», г. Хабаровск, Россия*

## ON THE DYNAMICS OF THE BOUNDARIES OF THE DISTRIBUTION OF WILD UNGULATES IN THE KHABAROVSK TERRITORY.

Ermolin A.B.

*Charitable Foundation "Biosphere", Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The article provides a brief overview of changes in the boundaries of the distribution of wild ungulates in the Khabarovsk Territory by species over the past decades, and for some (snow sheep and goral) since the 19th century. It is noted that the ongoing changes are influenced by a complex of natural-climatic and anthropogenic factors. On the basis of the information presented, there is a clearly pronounced tendency to expand the ranges of more "southern" species in a northern direction, while reducing the southern margins of the ranges of "northern" species. It is necessary to constantly monitor changes in the boundaries of the distribution of wild ungulates in the territory of the region for the timely adoption of managerial decisions on their protection and use.

В Хабаровском крае обитает восемь видов диких копытных животных.

Еще один вид – горал амурский, встречался на территории края в сравнительно недавнем прошлом, возможны периодические заходы и в настоящее время.

В течение последних десятилетий границы распространения некоторых из них претерпели довольно существенные изменения. Данная информация, имеющая как научное, так и практическое значение, требует дополнительных исследований. Особенно интересным в зоогеографическом плане представляется изменение северных (либо южных) границ видовых ареалов.

Предварительный обзор долговременных тенденций изменения границ распространения по видам показывает следующее.

**Лось.** Распространен во всех муниципальных районах края, за исключением самых южных – Бикинского и Вяземского. В целом современные границы его распространения отличаются от ареала 30–40-летней давности. Площадь, занятая видом, стала значительно меньше [2]. Основные причины – антропогенное воздействие вследствие развития дорожной сети и хозяйственного освоения новых территорий [3].

**Изюбр.** В самой северной части ареала прослеживается постепенное расширение занимаемой видом территории. Если в конце прошлого – начале нынешнего веков звери обитали только в верховьях Уды и бассейнах рек Ассины и Шевли [2], то в последние годы местная популяция вида расширила зону своего распространения не только по реке Уда, но и практически по всему бассейну Тугура (С.Е. Кульбачный, устное сообщение).

В Аяно-Майском районе появление изюбра впервые было отмечено в зимний период 1986–1987 гг. на р. Ингили (приток р. Мая). К настоящему времени вид распространился повсеместно по всем притокам р. Мая от границ района с Якутией вплоть до устья р. Северный Уй (Ю.Е. Мушников, устное сообщение).

При этом ранее считалось, что перспектив увеличения численности вида здесь нет из-за неблагоприятных климатических условий [2].

**Косуля.** Динамика изменений ареала вида в северных районах края примерно повторяет таковую у изюбря. Так, в Тугуро-Чумиканском районе косуля встречается на территории района в верховьях рек Уда, Ассыни, Тугур, куда проникает из Амурской области [3].

В Аяно-Майском районе по данным Ю.Е. Мушникова (устное сообщение) косуля появилась одновременно с изюбром, но распространилась на меньшей площади из-за большей уязвимости к неблагоприятным условиям природной среды, таким как зимнее многоснежье и весенние половодья. По этой причине наблюдается значительная гибель животных в весенний период во время наиболее глубоких снегов, а также когда реки вскрываются ото льда, т.к. в это время звери держатся преимущественно на речных островах.

**Кабан.** С начала 80-х гг. прошлого века наметилось явное расширение ареала на север несмотря на то, что угодья здесь для вида мало свойственны [3]. Если в начале нового века заходы отдельных особей были известны до окрестностей Чукчагирского озера [2], то в настоящее время, по данным А.В. Динкевича (устное сообщение) животные в небольшом количестве постоянно встречаются по р. Амгунь.

В дополнение к сказанному, осенью 2020 в месте впадения р. Уйга в р. Тугур отмечен первый за весь период исторических наблюдений случай добычи охотниками кабана в Тугуро-Чумиканском районе (С.Е. Кульбачный, устное сообщение).

**Кабарга.** География распространения вида охватывает практически весь край, но только в свойственных виду угодьях. В связи с этим ареал состоит из разрозненных очагов, при этом, самые северные находятся в Охотском районе в бассейнах рек Охоты, Ульбеи, Ини [3] где условия наиболее экстремальные. Также, как и по некоторым другим видам парнокопытных в последние годы поступает информация об увеличении численности и занимаемой видом площади в самых северных районах края, в частности Аяно-Майском (Ю.Е. Мушников, устное сообщение) и даже Охотском (А. Сторожев, устное сообщение).

**Дикий северный олень.** На территории Хабаровского края основное поголовье северного оленя сосредоточено в северных районах. На юге зверь встречается спорадически по гольцовому и подгольцовому поясам восточных склонов Сихотэ-Алиня [3]. По данным Ю.М. Дунишенко [3] это южный предел распространения вида на Дальнем Востоке, который сдвигается к северу. Южная граница обитания вида проходит также по Солнечному, Комсомольскому и Хабаровскому районам края. В целом везде здесь происходят негативные изменения границ видовой ареала [3].

**Пятнистый олень.** Первые сведения о случайных отстрелах и наблюдениях пятнистого оленя в Хабаровском крае стали известны с 1979 года [2]. В большинстве, по этим же данным они приурочены к бассейну р. Хор в его среднем течении - р. Матай, приустьевые части рек Кафэн и Катэн, участок р. Хор от п. Кутузовка до п. Ходы.

К настоящему времени по информации А.С. Баталова (устное сообщение) зона распространения вида в районе имени Лазо расширилась и стала включать также бассейн реки Дурмин.

**Снежный баран.** Самая южная часть границы ареала обитания барана в настоящее время проходит по территории Тугуро-Чумиканского района. По историческим сведениям (А.Ф. Миддендорф, 1853) в XIX в. граница ареала вида

проходила существенно южнее (хребет Капча), но также в этом районе. За прошедший период граница заметно сдвинулась к северу [1,4].

**Горал.** В XIX в. вид был распространен шире, чем в настоящее время. Л. Шренк (1858) застал этого зверя на нижнем течении Амура, устье этой реки он считал северной границей его распространения. Г. Радде (1862) во время своего путешествия получил экземпляр горала из южной части Буреинского хребта [5]. В настоящее время возможны лишь редкие заходы с территории Приморского края в бассейн р. Хор (верховья рек Чукен, Кафэн, Катэн), где еще в 80-е гг. прошлого столетия отмечались отдельные особи.

Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что на происходящие изменения оказывает влияние комплекс факторов природно-климатического и антропогенного характера. По совокупности представленной информации наблюдается явно выраженная тенденция расширения ареалов более «южных» видов в северном направлении при одновременном сокращении южных окраин ареалов «северных» видов. Необходим мониторинг изменения границ распространения диких копытных животных на территории края для своевременного принятия управленческих решений по их охране и использованию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов К.Г.* Копытные звери Дальнего Востока и охота на них. Хабаровское книжное издательство, 1954. 113 с.
2. *Дунищенко Ю.М., Даренский А.А.* Ресурсы диких копытных животных Хабаровского края. Владивосток: Издательство «Дальнаука», 2006. 92 с.
3. *Дунищенко Ю.М., Ермолин А.В., Даренский А.А., Долинин В.В.* Охотничьи ресурсы Хабаровского края. Хабаровск: Хабаровская краевая типография. 2014. 324 с.
4. *Ермолин А.Б., Медведев Д.Г.* О южной границе видового ареала снежного барана в северной Азии // Вестник охотоведения. 2020. Том 17, № 3. 189–195 с.
5. *Соколов И.И.* Копытные звери // Фауна СССР. Млекопитающие. Том 1. Вып. 3. М.: Издательство академии наук СССР. 1959. 378–386 с.

**К ВОПРОСУ О ФАУНЕ И ФЛОРЕ ТУГУРО-ЧУМИКАНСКОГО РАЙОНА  
ХАБАРОВСКОГО КРАЯ****Ермолин А.Б.<sup>1</sup>, Кульбачный С.Е.<sup>2</sup>, Колпаков Н.В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>*Благотворительный фонд «Биосфера», г. Хабаровск, Россия*<sup>2</sup>*Хабаровский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии, Хабаровск, Россия*<sup>3</sup>*Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск, Россия***TO THE QUESTION OF THE TUGURO-CHUMIKANSKY DISTRICT (THE  
Khabarovsk Territory) FAUNA AND FLORA OF****Ermolin A.B.<sup>1</sup>, Kulbacnyi S.E.<sup>2</sup>, Kolpakov N.V.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>*Charitable Foundation "Biosphere", Khabarovsk, Russia*<sup>2</sup>*Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO), Khabarovsk, Russia*<sup>3</sup>*Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

**Abstract.** Tugur-Chumikan area is the biggest and the most northern one in the Khabarovsk territory. In 1938 V.E. Rozov, one of the first researchers of this area fauna and flora, wrote "... the area can be regarded as unique, transition territory inhabited by Okhotsk fauna and flora species as well as more southern species of Amur-Ussuri forms for which this area is the most northern distribution boundary; and species of eastern-Siberia flora and fauna come here probably from Yakutiya territory". It is here, in most cases, that the northern boundaries of the ranges of typical southern species are marked, and the southern boundaries of the distribution of northern species, including species of the highlands. Since then, and especially in the last 20–25 years, numerous studies have been carried out on species composition and distribution groups of various plants and animals in the area. This information is found in different literary sources and does not give a general idea of the originality of the flora and fauna of the Tuguro-Chumikan area. In this regard, we decided to provide a brief overview of the most interesting facts on this issue.

Тугуро-Чумиканский район относится к числу самых крупных и самых северных районов края. Еще В.Е. Розов [15], один из первых исследователей фауны и флоры данного района, отмечал «...наблюдения заставляют рассматривать его особо, как район переходный, в котором наряду с представителями «Охотской» флоры и фауны обычны более южные Амуро-уссурийские формы, находящиеся здесь в ряде случаев свои крайние северные пределы распространения; наряду с ними часть представителей восточно-сибирской флоры и фауны, проникшие очевидно из Якутии». Именно здесь в большинстве случаев проходят северные границы ареалов типичных южных видов, и, в свою очередь, южные границы распространения северных видов, в т.ч. обитателей высокогорья. С тех пор, и особенно в последние 20–25 лет, проведены многочисленные исследования по выяснению видового состава и особенностям распространения разных групп растений и животных в данном районе. Эти сведения находятся в разрозненных литературных источниках и не дают общего представления об оригинальности флоры и фауны Тугуро-Чумиканского района. В этой связи мы решили представить краткий обзор наиболее интересных фактов по этому вопросу.

**Растения.** Состав фауны наземных экосистем района во многом определяется структурой растительных сообществ. Они складываются, в том числе, за счет таких главнейших лиственных пород Дальнего Востока, как дуб монгольский *Quercus mongolica* и береза плосколистная *Betula platyphylla*, а из числа хвойных пород – сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*, ели аянской *Picea jezoensis* и пихты белокорой *Abies nephrolepis*. У перечисленных видов в районе проходят северные границы распространения [19].

**Насекомые.** Сходная переходная ситуация от южных форм к северным наблюдается и в отношении представителей энтомофауны и, в частности, фауны крупных чешуекрылых *Lepidoptera*. На территории района расположены северные пределы распространения *Parasa hilarula hilarula*, *Nhyatira batis*, *Tethella fluctuosa*, *Euthrix potatoaria*, *Dendrolimus superans*, *Laothoe amurensis*, *Furcula furcula*, *Laelia coenosa*, *Arctia caja* и *Rhyparia purpurata* [5].

Фауна веснянок включает 22 вида преимущественно с широкими восточно-палеарктическими ареалами. Однако в их составе присутствует нижеамурский вид *Protonemura* sp. [18].

**Моллюски.** В бассейне р. Уда происходит смешение амурской и сибирской малакофаун, но по разнообразию таксонов преобладает последняя. В то же время бассейн р. Тугур более родственен бассейну р. Амгунь (нижний приток Амура), поскольку там наряду с амурскими и сибирскими видами обитает один амгуньский и два эндемичных вида амуро-приморского рода югид и эндемичные катушки родов *Anisus* и *Choanomphalus* [14]. Кроме этого, в бассейне р. Уда обнаружен эндемичный вид *Cincinna*, что подтверждает правомерность выделения отдельной Удской провинции [24] и указывает на ее принадлежность к Сибирской подобласти Палеарктики. В связи с этим материковая граница Сино-Индийской области, по сравнению с предыдущей схемой районирования [24], была передвинута на северо-запад к водоразделу рр. Уда и Тугур [14]. Палеогеографические данные согласуются с этим выводом, т.к. в геологической литературе имеются указания на различные варианты прошлой связи бассейнов рр. Тугура и Амгуни [3,4]. В бассейн р. Уда отдельные амурские виды могли проникнуть в результате существования в прошлом стока верхней пра-Зеи в Охотское море через Удскую депрессию [4], либо с перехваченными верховьями р. Зеи [21] или через объединенные низовья рр. Уды и Тугура [20].

**Рыбы.** Состав ихтиофауны главных двух рек района – Уды и Тугура свидетельствует о том, что ранее они входили в систему пра-Амура. Фоновым видом, венчающим экологическую пирамиду реки, в обоих случаях является сибирский таймень *Hucho taimen*, характерный для всего бассейна современного Амура. В р. Тугур обитают также нижеамурский хариус *Thymallus tugarinae* и амурская широколобка *Mesocottus haitej*. Это крайний северный предел их распространения.

В целом пресноводная ихтиофауна района является производной (обедненной) от таковой бассейна Амура. Из числа ее представителей – в районе обитают мелкочешуйная красноперка *Tribolodon brandtii*, налим *Lota lota*, голяны р. *Phoxinus*, амурский подкаменщик *Cottus szanaga*, девятииглые колюшки р. *Pungitius* и др. [15, 22, 23, 16]. В морских заливах и проливах встречается также калуга *Acipenser dauricus* [10]. Обитают в районе и настоящие эндемики. К их числу относится микижа *Oncorhynchus mykiss*, которая впервые была обнаружена в 1982 г. в р. Средней на о. Большой Шантар [13]. Другая ближайшая популяция данного вида воспроизводится в реках западной Камчатки.

Сохранившиеся разорванные ареалы микижи и сибирского тайменя свидетельствуют о том, что в прошлом, в периоды значительных морских регрессий, на территории от нынешнего Амура вплоть до Уды, рек Северного Сахалина и Камчатки существовала единая речная система, либо совокупность сообщающихся (хотя бы периодически) речных бассейнов.

По совокупности признаков пресноводную ихтиофауну района можно считать переходной от амурской к охотско-камчатской биогеографической зоне.

Свои особенности имеет и ихтиофауна прилегающей морской акватории. Для некоторых видов рыб она является северным или южным пределом их распространения в дальневосточных водах или в бассейне Охотского моря [15, 22].

**Птицы.** Что касается орнитофауны, то она сформирована разнообразными птицами морских побережий и островов. Очень хорошо представлены океанические птицы, для которых характерно высокое разнообразие видов и массовость. Особенно много чистиковых (сем. *Alcidae*), образующих основу населения здешних птичьих базаров. Кроме чистиков *Cerpphus* и чаек *Larus*, здесь присутствует множество других птиц – бакланов *Phalacrocorax*, уток (сем. *Anatidae*) и т.д. [9]. Из числа таежных птиц стоит отметить такой характерный вид, как дикуша *Falci pennis falci pennis*. Несмотря на высокую уязвимость в отношении антропогенного воздействия, в районе еще сохранились отдельные участки ее обитания. Через район проходят также пролетные пути мигрирующих вдоль морского побережья видов. На территории района гнездится такой эндемик Дальнего Востока России как охотский улит *Triugguttiber* – редкий вид мировой фауны.

**Млекопитающие.** К характерным представителям высокогорной фауны относится снежный баран *Ovis nivicola*. Причем север района является крайним южным пунктом его обитания. Данный факт был установлен еще В.Е. Розовым [14] и подтвержден последующими исследованиями. По историческим сведениям, в XIX в. граница ареала вида проходила, хотя и южнее (хребет Капча), но также в пределах района [7, 17].

Среди типичных представителей приамурской (маньчжурской) фауны, к наиболее ярким относятся красный волк *Cuon alpinus* и амурский тигр *Panthera tigris altaica*. Северной границей распространения красного волка по историческим сведениям считается р. Уда. Описание вида сделано П.С. Палласом по экземпляру, доставленному из окрестностей Удского острога на р. Уда [25]. И в то время, как уже более полувека этот вид на левобережье Амура не встречается, амурский тигр с каждым годом все больше расширяет свое присутствие в северном направлении. В 2020 г. нами отмечено несколько встреч хищника в бассейнах рр. Тугур и Ассины, а также в районе Ульбанского залива. Никогда ранее в этих местах встречи тигра не фиксировались [8]. Не менее интересным оказался первый за весь период исторических наблюдений случай добычи охотниками в Тугуро-Чумиканском районе кабана *Sus scrofa* (взрослая особь). Произошло это осенью 2020 г. в месте впадения р. Уйга в р. Тугур (устное сообщение).

Таким образом, район в настоящее время является крайним северным рубежом распространения (заходов) представителей фауны «кабана и тигра» (по определению Е.Н. Матюшкина), включающей южноазиатские тропические лесные и горно-лесные элементы [12]).

По данным В.Е. Розова [14], «косуля, колонок и кутора также имеют на территории района свой, пока крайний предел продвижения к северу». Данная информация актуальна по сей день. Так, косуля *Capreolus pygargus* встречается

на территории района в верховьях рек Уда, Ассыни, Тугур, куда проникает из Амурской области. Также и изюбр *Cervus elaphus xanthopygus* обитает в бассейне Ассыни, Шевли и в верховьях Уды. Отдельные особи спускаются по пойме Уды до п. Удское [6].

Фауна морских млекопитающих района исследований характеризуется довольно существенным видовым разнообразием. Так, по имеющимся источникам, из 33 видов, обитающих в Охотском море, здесь встречается 17, т.е. около половины списка. Большее разнообразие видов присуще только акваториям, прилегающим к Курильской островной гряде [1, 2].

Отличительной особенностью фауны района является не только соприкосновение ареалов южных и северных форм животных, но и взаимодействие морских и прибрежных экосистем, что также оказывает определенное влияние на биоразнообразие животного и растительного мира района. Суровое Шантарское море, изрезанное побережье, совокупность морских заливов, глубоко вклинивающихся в материковую сушу и архипелаг Шантарских островов, дополняют эту картину. Образно говоря, на данной территории проходит граница взаимодействия моря и суши, северной и южной флоры и фауны, именно здесь пролегают пути миграций многих видов животных.

По совокупности имеющейся информации, и на основании биогеографического метода Г.У. Линдберга [11], можно сделать следующие заключения:

- для наземных экосистем Тугуро-Чумиканский район является крайним северным рубежом приамурской фауны;

- пресноводные экосистемы представляют из себя осколки существовавших ранее более обширных речных экосистем;

- на морскую фауну в современный период оказывают существенное влияние суровые природно-климатические условия, присущие юго-западной части Охотского моря. В то же время, в предшествующие исторические периоды данный район являлся важным центром формирования и сохранения биоразнообразия морских экосистем северо-западной части Тихоокеанского бассейна в целом;

- можно предположить, что в предшествующие современному периоду геологические эпохи по данной территории проходили миграционные пути континентальных и межконтинентальных перемещений и обменов представителями флоры и фауны.

Не вызывает сомнений, что флоро-фаунистический комплекс такого интересного в зоогеографическом плане района, как Тугуро-Чумиканский, требует дальнейшего комплексного изучения, а также принятия дополнительных мер по сохранению его уникальных природных систем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюхин Ю.Б., Бурканов В.Н. Морские птицы и млекопитающие Дальнего Востока: полевой определитель. М.: АСТ, 1999. 224 с.
2. Бурдин А.М., Филатова О.А., Хойт Э. Морские млекопитающие России: справочник-определитель. Киров: ОАО «Кировская областная типография». 2009. 208 с.
3. Ганешин Г.С. Общие закономерности развития речной сети Востока СССР // Проблемы изучения четвертичного периода. М.: Наука. 1972. 404–410 с.
4. Дальний Восток и берега морей, омывающих территорию СССР. М.: Наука. 1982. 277 с.
5. Дубатовов В.В. Macroheterocera без geometridae и noctuidae s. Lat. (insecta, Lepidoptera) Нижнего Приамурья // Амурский зоологический журнал. 2009. Т. I (3). С. 221–252.

6. Дунишенко Ю.М., Ермолин А.Б., Даренский А.А. и др. Охотничьи ресурсы Хабаровского края. Хабаровск: Хабаровская краевая типография. 2014. 94 с.
7. Ермолин А.Б., Медведев Д.Г. О южной границе видового ареала снежного барана в северной Азии // Вестник охотоведения. 2020. Том 17, № 3. 189–195 с.
8. Ермолин А.Б. Амурский тигр (*panthera tigris altaica*) на северной границе ареала. Исторический обзор. Современные проблемы охотоведения. Материалы международной научно-практической. 2021. 212–218 с.
9. Ивантер Э.В. Основы зоогеографии: учебник. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 2012. 122 с.
10. Кошелев В.Н., Черниенко Э.П., Балушкин В.А. и др. Современные данные о распространении и биологии калуги и амурского осетра в водах Охотского и Японского морей // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 169. 3–11 с.
11. Линдберг Г.У. Крупные колебания уровня океана в четвертичный период. Биогеографические обоснования гипотезы. Л.: Наука. 1972. 548 с.
12. Матюшкин Е.Н. Избранные труды. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2005. 149 с.
13. Павлов Д.С., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Алексеев С.С. Редкие и исчезающие животные. Рыбы: справочное пособие / ред. В.Е. Соколова. М.: «Высшая школа». 1994. 112 с.
14. Прозорова Л.А. Особенности распространения пресноводной малакофауны на Дальнем Востоке России и его биогеографическое районирование // Чтения памяти В.Я. Леванидова. 2001. Вып. 1. 112–125 с.
15. Розов В.Е. О фауне и флоре Тугуро-Чумиканского района // Вестн. ДВО АН СССР. 1938. Т. 32, № 5. 127–138 с.
16. Савельев П.А., Золотухин С.Ф., Канзенарова А.Н. О нахождении амурской широколобки *Mesocottus haitej* и амурского подкаменщика *Cottus szanaga* (Cottidae) в бассейне реки Тугур (Хабаровский край) // Вопр. ихтиол. 2017. Т. 57, № 4. 481–484 с.
17. Соловьев И.И. Фауна СССР. Млекопитающие. Копытные звери. Том 1. Вып. 3. М.: Издательство академии наук СССР. 1959. 556 с.
18. Тесленко В.А. Обзор фауны веснянок (Plecoptera) и районирование водотоков Дальнего Востока России // Евразийский энтомологический журнал. 2007. Т. 6, № 2. 157–180 с.
19. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справочная книга. 3-е изд., перераб., и доп. Хабаровск Издательский дом «Приамурские ведомости». 2009. 272 с.
20. Худяков Г.И., Кулаков А.П., Короткий А.М., Панов В.В. Позднекайнозойские перестройки гидрографической сети в южной части советского Дальнего Востока // Проблемы изучения четвертичного периода. М.: Наука. 1972. 410–429 с.
21. Чемеков Ю.Ф. История развития речной сети в бассейне р. Амура // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1964. № 1. 81–93 с.
22. Черешнев И.А. Биогеография пресноводных рыб Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 1998. 131 с.
23. Черешнев И.А. О первой находке сахалинской девятииглой колюшки *Pungitius tumensis* (Gasterosteidae) на материковом побережье Охотского моря // Вопр. ихтиол. 2002. Т. 42, № 5. 704–707 с.
24. Kruglov N.D., Starobogatov Ya.I. Guide to recent molluscs of northern Eurasia. 3. Annotated and illustrated catalogue of species of the family Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) of Palaearctic and adjacent river drainage areas. Part 1 // Ruthenica. 1993. Vol. 3, № 1. 65–92 p.
25. Pallas P.S. Zoographica rosso-asiatica, sistens omnium animalium in extenso imperio rossico et adjacentibus maribus observatorum recensionem, domicilia, mores et descriptiones, anatomem atque icones plurimorum. V. 1. Saint Peterburg. [1814]. 592 p.

## ПОСТПИРОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ КОЛЛЕМБОЛ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛИСТВЕННИЧНИКАХ

Кондратова А. В.

*Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия*

## POST-PYROGENIC CHANGES IN AMOUNT OF COLLEMBOLA IN BOREAL LARCH FORESTS

Kondratova A. V.

*Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia*

**Abstract.** Assessment of soil properties and the amount of Collembola in the undisturbed and disturbed by the fire larch forests of Tukuringra ridge (Upper Amur region) was carried out. 16 years after a strong grass-roots fire, an increase in soil acidity and exchange of potassium was observed. Amount of Collembola in the undisturbed larch forest was 6.8 thousand ind./m<sup>2</sup>. The Collembola community almost completely restored its pre-fire population and amounted to 6.0 thousand ind./m<sup>2</sup> ( $p > 0.05$ ). It is shown that amount of Collembola in undisturbed larch (control) is positively associated with the content of mobile phosphorus ( $r = 0.658$ ,  $p < 0.05$ ), while the number of Collembola at the stage of early recovery succession after a fire did not depend on soil properties.

Частота пожаров в бореальных лесах увеличивается из-за изменений климата и землепользования. В лесных экосистемах наземные беспозвоночные регулируют экологические процессы, такие как разложение и круговорот питательных веществ. Понимание реакции подземных сообществ на пожары является ключом к прогнозированию изменений в экосистемных процессах, которые они регулируют [1]. Почвенные микроартроподы: коллемболы (*Collembola*), панцирные (*Oribatei*) и гамазовые (*Gamasina*) клещи служат хорошим биоиндикатором восстановления почв после антропогенных нарушений благодаря их быстрой реакции на изменения окружающей среды. Пожары обычно уменьшают численность коллембол в почве. Их послепожарное восстановление хорошо изучено в таежных лесах Европейской части России и Сибири [2, 3]. Восстановления численности коллембол после пожара и их связь с почвенными свойствами в ненарушенных и нарушенных пожарами бореальных лиственничниках зоны прерывистой мерзлоты на Дальнем Востоке России ранее не изучалось.

Целью исследования являлось оценить общую численность и состав сообщества коллембол в естественных и нарушенных пожаром лиственничниках зоны прерывистой мерзлоты Дальнего Востока России. Оценить связь количества коллембол с почвенными свойствами в нарушенных и ненарушенных лесах.

Исследование проводилось в пределах особо охраняемой природной территории «Зейский заповедник», расположенной в восточной части хребта Тукурингра (Амурская область). Естественный лиственнично-березовый (*Betula platyphylla*, *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) древостой представляет собой типичный растительный покров региона исследования. Часть древостоя была нарушена поверхностным пожаром 2003 г., который уничтожил 86% берез и 70% лиственниц. В пределах нетронутых и сгоревших насаждений мы заложили две учетные площадки, названные соответственно «контроль» и «гарь». Для учета коллембол в 2019 г. отбирали почвенные пробы в 10-кратной повторности ци-

линдрическим буром диаметром 5 см на глубину слоя подстилки. Микроартроподы извлекались в лабораторных условиях на эклекторах по стандартной методике. Лабораторные исследования выполнены в аналитическом центре минералого-геохимических исследований Института геологии и природопользования ДВО РАН. Статистическая обработка данных проведена в программе R.

Таблица 1. Характеристика лесной подстилки (среднее значение  $\pm$  SE, n=10)

Показатель	Контроль	Гарь
pH (H <sub>2</sub> O)	<b>4.70<sup>a</sup>±0.110</b>	<b>5.10<sup>b</sup>±0.127</b>
Общий углерод, %	20.5 <sup>a</sup> ±1.91	16.2 <sup>a</sup> ±3.0
Общий азот, %	0.773 <sup>a</sup> ±0.067	0.718 <sup>a</sup> ±0.108
Водорастворимый С, мг/л	124 <sup>a</sup> ±15.6	95.4 <sup>a</sup> ±15.7
Водорастворимый N, мг/л	5.02 <sup>a</sup> ±0.308	4.92 <sup>a</sup> ±1.06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	242 <sup>a</sup> ±15.5	255 <sup>a</sup> ±37.8
K <sub>2</sub> O, мг/кг	<b>772<sup>a</sup>±82.1</b>	<b>548<sup>b</sup>±80.2</b>
Влажность, %	49.1 <sup>a</sup> ±2.23	46.5 <sup>a</sup> ±2.75
Слой подстилки, см	6.28 <sup>a</sup> ±0.2	6.75 <sup>a</sup> ±0.34

\*Строчные буквы указывают на разницу в ANOVA при  $p < 0.05$ .

Через 16 лет после сильного низового пожара по сравнению с контролем наблюдалось статистически значимое повышение pH органического горизонта и снижение содержания обменного калия (K<sub>2</sub>O) ( $p < 0.05$ ) (табл. 1). Содержание общего и водорастворимого углерода (C) в среднем на гари меньше, чем на контроле, однако эти различия не были значимы. Содержание общего и водорастворимого азота (N), подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и влажность на изучаемых площадках мало различались.

Количество коллембол в ненарушенном лиственничнике составило  $6.8 \pm 2.10$  тыс. экз./м<sup>2</sup> (рис.). Этот показатель близок к соснякам средней тайги Сибири [2] и в несколько раз ниже, по сравнению с южнотаежными еловыми лесами [3] (рис. 1). Сообщество коллембол через 16 лет после пожара практически полностью восстановило свою допожарную численность и составило  $6.0 \pm 2.68$  тыс. экз./м<sup>2</sup> ( $p > 0.05$ ). Коллемболы как в естественном, так и в нарушенном древостое представлены 6 семействами с доминированием *Isotomidae* (75.6 и 75.4% на контроле и гари соответственно), *Onychiuridae* (9.8 и 14.4%) и *Hypogastruridae* (11.4 и 4.24%).

Ранее было показано, что общая численность коллембол в постпирогенных лесах на севере Швеции положительно коррелировала с pH почвы и отрицательно с содержанием N и соотношением N : P [4]. Также показано, что снижение влажности может вызывать уменьшение численности микроартропод, в том числе коллембол [5]. В нашем исследовании корреляционный анализ взаимосвязи почвенных свойств и количества коллембол на контрольной и постпирогенной площадках показал, что в ненарушенном лиственничнике численность коллембол была положительно связана с содержанием подвижного фосфора ( $r = 0.658$ ,  $p < 0.05$ ), тогда как на стадии ранней восстановительной сукцессии после пожара она не зависела от почвенных свойств (табл. 2).

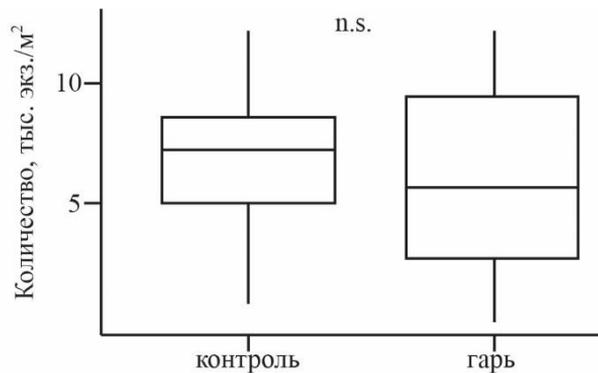


Рис. 1. Общая численность коллембол на контроле и гари (n=10, n.s. означает отсутствие различий между площадками при уровне значимости  $p < 0.05$ ).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции Спирмана (r) между свойствами подстилки и количеством коллембол на гари и контроле (n=10).

Площадка	pH (H <sub>2</sub> O)	Общий С	Общий N	Водорас-творимый С	Водорас-творимый N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Влажность
Контроль	-0.179	0.341	0.233	0.431	0.395	<b>0.658*</b>	0.321	0.285
Гарь	0.025	0.312	0.491	0.527	0.566	-0.001	0.416	0.106

\* Уровень значимости  $p < 0.05$ .

Таким образом, сообщество коллембол в естественных ненарушенных лиственных лесах зоны прерывистой мерзлоты Дальнего Востока России характеризуется низкой плотностью. Общая численность коллембол мало связана с почвенными свойствами. Формирование подстилки и стабилизация почвенных свойств через 16 лет после сильного низового пожара благоприятно сказались на восстановлении численности и состава сообщества коллембол.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-00305.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pressler Y., Moore J., Cotrufo M. Belowground community responses to fire: meta-analysis reveals contrasting responses of soil microorganisms and mesofauna // *Oikos.*, 2018.
2. Безкоровайная И. Н., Краснощекова Е. Н., Иванова Г. А. Трансформация комплексов почвенных беспозвоночных при низовых пожарах разной интенсивности // *Изв. РАН. Сер. биол.* 2007. № 5. С. 619–625.
3. Гонгальский К. Б., Зайцев А. С., Коробушкин Д. И., Сайфутдинов Р. А., Язрикова Т. Е., Бенедиктова А. И., Горбунова А. Ю., Горикова И. А., Бутенко К. О., Костина Н. В., Лапыгина Е. В., Кузнецова Д. М., Рахлеева А. А., Шахаб С. В. Разнообразие почвенной биоты на гаях южнотаежных лесов (на примере Тверской области) // *Почвоведение.* 2016. Т. 49. № 3. С. 388–397.
4. Bokhorst S., Berg M., Wardle A. Micro-arthropod community responses to ecosystem retrogression in boreal forest // *Soil Biology and Biochemistry.* 2017. V. 110, P. 79–86.
5. Kardol P., Reynolds W., Norby R., Classen T. Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure // *Applied Soil Ecology.* 2011. V. 47, P. 37–44.

**ФАУНА И ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИЧИНОК  
ТРЕМАТОД МОЛЛЮСКОВ РОДА LYMNAEA****Коробов О.И.***Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия***FAUNA AND ECOLOGICAL-BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF  
TREMATODE LARVA OF LYMNAEA MOLLUSCA****Korobov O.I.***Pacific National University, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The article presents the results of studying the invasion of *Lymnaea mollusca* by trematode larvae, the species composition of trematode larvae is established, their ecological and biological characteristics.

Класс Trematoda Rudolphi, 1808 включает возбудителей многих опасных заболеваний человека, диких, промысловых и домашних животных. Моллюски рода *Lymnaea* (Lamarck, 1799) имеют важное эпидемиологическое значение, так как являются промежуточными хозяевами трематод (сосальщиков) [1]. Для водоемов Евразии прудовики описаны в качестве первых промежуточных хозяев 50 видов трематод и для 25 видов сосальщиков как вторые промежуточные [2].

Эмиссию церкарий наблюдали в лаборатории, для этого прудовиков рассаживали индивидуально по пластиковым стаканчикам. Церкарий, вышедших из моллюска, изучали *in vivo*, окраску проводили нейтральным красным. Делали тотальные препараты по методике Шигина [4]. Измерения проводили на временных препаратах. Собранных моллюсков изучали компрессорной методикой под биноклем МБС10. При этом оценивалась зараженность как партенитами, так и метацеркариями трематод.

Материал собирали в водоемах Омской области в 2003–2011 гг. Были обследованы 12 водоемов разных типов подтайги, северной и южной лесостепи в пределах Омской области, включая городские водоемы с большой антропогенной нагрузкой.

Было исследовано 5934 моллюсков рода *Lymnaea*.

Фауна прудовиков данных водоемов включает 8 видов из 4 подродов: *L. (Lymnaea) stagnalis* (Linnaeus, 1758), *L. (L.) fragilis* (L., 1758), *L. (Radix) auricularia* (L., 1758), *L. (Stagnicola) palustris* (Muller, 1774), *L. (Peregriana) ampullacea* (Rossmassler, 1835), *L. (P.) ovata* (Draparnaud, 1805), *L. (P.) tumida* (Held, 1836), *L. (P.) balthica* (L., 1758).

Фауна личинок трематод-партенит и церкарий составила 13 видов из 6 семейств: *Echinoparyphium aconiatum* (Dietz, 1909), *E. cinctum* (Rudolphi, 1802), *E. recurvatum* (Lühe, 1909), *Echinostoma revolutum* (Looss, 1899), *Moliniella anceps* (Molin, 1859), *Hypoderaeum conoideum* (Dietz, 1909) (сем. Echinostomatidae); *Diplostomum spathaceum* (Rudolphi, 1819), *D. chromatophorum* (Brown, 1931) Shigin, 1986 (сем. Diplostomatidae); *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802), *Opisthioglyphe ranae* (Frohlich, 1791) (сем. Plagiorchiidae); *Cotylurus cornutus* (Rudolphi, 1808) (сем. Strigeidae); *Notocotylus attenuatus* (Rudolphi, 1809) (сем. Notocotylidae); *Trichobilharzia ocellata* (La Val, 1854) (сем. Schistosomatidae).

Обнаружены 9 видов метацеркарий трематод из 3 семейств: *E. revolutum*, *E. aconiatum*, *E. recurvatum*, *E. cinctum*, *M. anceps*, *H. conoideum*, *C. cornutus*, *P.*

*elegans*, *O. ranae*. Все обнаруженные виды лимнеид участвуют в жизненных циклах найденных видов трематод, но не в одинаковой степени. 12,7% моллюсков были свободны от инвазии. Максимальное разнообразие личинок трематод в годовой динамике наблюдалось в годы высокой зараженности моллюсков. Экстенсивность инвазии личинками трематод моллюсков рода *Lymnaea* составила 53% – церкариями, 66% – метацеркариями. Большая часть лимнеид была заражена только метацеркариями – 34,6% или церкариями (21,6%), были отмечены и сочетанные заражения. Зараженность моллюсков личинками трематод характеризуется периодами роста экстенсивности инвазии в течение 2–3 лет, а затем спада и снова роста.

Наибольшую роль в жизненных циклах трематод играет *L. stagnalis*. В нем развиваются партениты 12 видов трематод (92,3%) и 9 видов метацеркарий (100%). Общая экстенсивность инвазии *L. stagnalis* церкариями и метацеркариями трематод была равна 76,0 и 80,0% соответственно. Преобладающими по экстенсивности инвазии в лимнеидах были партениты и церкарии семейств *Echinostomatidae* (21,8%), *Plagiorchidae* (19,7%), *Strigeidae* (5,0%) с широким кругом хозяев на стадии партенит и личинок марит – церкарий и метацеркарий. Зараженность метацеркариями трематод имела следующий характер: *Echinostomatidae* (39,1%), *Strigeidae* (19,6%), *Plagiorchidae* (7,0%). Моллюски подрода *Peregriana* играют в жизненных циклах трематод наименьшую роль (2–3 вида церкарий, 3–6 видов метацеркарий). Окончательными хозяевами трематод, обнаруженных на личиночных стадиях, являются в основном птицы (12 видов – 92,3%), а также амфибии (1 вид – 7,7%).

Зарегистрированные виды трематод имеют эпизоотологическое и эпидемиологическое значение, вызывая заболевания промысловых, домашних животных: нотокотилидоз и эхиностоматидоз птиц, диплостомоз рыб. Три вида сосальщиков *E. recurvatum*, *E. revolutum*, *T. ocellata* могут быть опасны для человека. Особый интерес представляют собой личинки *T. ocellata*, вызывающие шистосоматидный дерматид или церкариоз [2].

Были описаны особенности трематодофауны моллюсков из различных типов водоемов. Так в непойменных водоемах обнаружено большее число видов трематод: 13 видов партенит и церкарий, 9 видов метацеркарий, а в пойменных водоемах описано 10 видов партенит и церкарий, 8 видов метацеркарий. Проявляются и количественные различия в инвазии лимнеид. В непойменных водоемах экстенсивность инвазии моллюсков личинками трематод составляла от 43,3 до 100%. В пойменном водоеме Междуречье экстенсивность инвазии партенитами составила 35,5%. Относительно малой была и степень зараженности метацеркариями 28,2%.

По данным многолетнего исследования в водоеме Самарка, по сравнению с непойменными водоемами, зараженность была выше (50,8 и 68,7% соответственно). Это, вероятно, связано с тем, что места сборов лимнеид в водоеме Самарка были удалены от р. Иртыш и течение практически отсутствовало, в этих условиях оседание яиц трематод происходит равномерно, что не препятствует проникновению мирацидиев, плюс большее влияние оказывает видовой состав прудовиков, плотность населения и разнообразие окончательных хозяев трематод.

Сезонность заражения личинками трематод изучена на модельном водоеме Самарка. Весной у моллюсков *L. fragilis* чаще отмечаются спороцисты и редии, доля партенит у *L. fragilis* в мае составила 28,9%. Возникновение этих

заражений относится к концу прошлого года. Продукция же церкарий только начинается с общей зараженностью – 4,5%. Затем по мере созревания церкарий их доля в инвазивности моллюсков возрастает, достигая максимума в августе – 45,6%. Эмиссия церкарий трематоды *E. aconiatum* начинается во 2-ой декаде мая, а заканчивается в конце августа–начале сентября. С середины июня и до середины июля эмиссии церкарий не наблюдалось. Пик эмиссии церкарий *E. aconiatum* приходится на 2 и 3 декаду июля, экстенсивность инвазии моллюсков в это время была максимальной и составляла 12,5%. В августе и сентябре экстенсивность инвазии церкариями *E. aconiatum* снижается до 10,5 и 5,8% соответственно, а экстенсивность инвазии метацеркариями возрастает до 67,0 и 52,0% соответственно. В октябре были встречены только метацеркарии *E. aconiatum* у 33,8% моллюсков. Для метацеркарий характерно два пика инвазии лимнейд – весенний и осенний.

Стоит отметить, что прудовики ранних весенних сборов уже содержали живых метацеркарий, т.е. они зимуют в моллюске и могут служить источником инвазии дефинитивных хозяев. Сходные данные были получены Сафаровой Д.Д. с соавторами для *Echinoparyphium aconiatum* [3]

Изучалась зависимость зараженности личинками трематод моллюсков от размера раковины. Зараженность *L. fragilis* личинками трематод была наиболее высокой в старших размерных группах моллюсков. Инвазии спороцистами со зрелыми церкариями *D. spathaceum* в популяции *L. fragilis* начинают встречаться у моллюсков с высотой раковины более 21 мм. Величина суточной продукции церкарий варьирует в очень широких пределах среди моллюсков всех размерных классов.

Изучили и приуроченность паразита к хозяину. Видоспецифичность партенит и метацеркарий к моллюскам пределах рода *Lymnaea* не абсолютна. Узкая видовая приуроченность зафиксирована для партенит *Trichobilharzia ocellata*, которые были обнаружены только в *L. stagnalis*.

Тесной связью с промежуточным хозяином – *L. auricularia* – обладают партениты *D. chromatophorum*. Однако в пределах одного водоема роль в жизненном цикле того или иного вида трематоды на стадии партениты хозяина выполняет в большинстве случаев только один вид моллюска (90,0%).

Партениты *N. attenuatus*, *E. recurvatum*, *C. cornutus*, *O. ranae* в одних водоемах приурочены к одним хозяевам рода *Lymnaea*, а в других водоемах моноксенны к другим видам лимнейд. Большинство часто встречающихся видов партенит сем. *Echinostomatidae* и *Plagiorchidae* имеют более широкую специфичность, встречаясь в 4–5 видах, что характерно для видов *E. aconiatum*, *E. revolutum*, *M. anceps*, *P. elegans*. Вероятно, наличие высокой зараженности моллюсков приводит к тому, что трематоды используют всех возможных хозяев из числа лимнейд в пределах одного водоема (Тенис, Кабанкуль). Таким образом, партениты трематод проявляют предпочтение в выборе хозяев, но не строго специфичны к ним.

Метацеркарии трематоды проявляют более широкую специфичность и являются полигостальными. Для метацеркарий трематод сем. *Echinostomatidae* хозяевами служат от 4 до 7 видов лимнейд. Широкий круг хозяев из числа лимнейд зафиксирован для метацеркарий *C. cornutus*.

Более широкую специфичность метацеркарий сем. *Echinostomatidae* и *Plagiorchidae* возможно объяснить тем, что у большинства видов личинки не преобладают метаморфоз в организме второго промежуточного хозяина.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галактионов К. В.* Происхождение и эволюция жизненных циклов трематод. СПб.: Наука, 1998. 404 с.
2. *Круглов Н. Д.* Моллюски семейства прудовиков (Lymnaeidae Gastropoda Pulmonata) Европы и Северной Азии. Смоленск: Изд-во СГПУ, 2005. 507 с
3. *Сафарова Д.Д., Флорен А.М., Исакова Н.П.* Предварительные данные о заражённости моллюсков трематодами *Echinorhynchium aconiatum* в финском озере (г. Санкт-Петербург) // Биологическое разнообразие природных и антропогенных ландшафтов: изучение и охрана. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Сост. Е.Г. Русакова. Астрахань, 2021. С. 176–179
4. *Шугин А. А.* Морфологические критерии вида у церкарий рода *Diplostomum* (Trematoda: Diplostomidae) и методы их изучения // Паразитология. 1996. Т. 30, № 5. С. 425–439.

---

---

## ЗОЛОТОДОБЫЧА КАК НЕГАТИВНЫЙ ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ БАССЕЙНА Р. ДУРМИН (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Кошкин Е.С.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## GOLD MINING AS A NEGATIVE FACTOR OF ENTOMOCOMPLEXES TRANSFORMATION IN THE DURMIN RIVER BASIN (Khabarovsk Krai)

Koshkin E.S.

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The development of the Durminskoye deposit of ore gold and silver will lead to the transformation of insect complexes, since many species associated with the phytocenosis of cedar-deciduous forests will disappear. Five species of insects included in the Red Data Books of Russia and the Khabarovsk Krai have been reliably found in the study area, therefore, according to Russian legislation, any actions that may lead to a violation of their habitats are not allowed.

В 2020 г. стало известно о планах компании ООО «Пасифик Майнинг» о проведении геологической разведки и добычи золота на Дурминском месторождении рудного золота и серебра, которое расположено в верховьях рр. Дурмин, Обор и Кия (район имени Лазо Хабаровского края). Согласно оценкам по состоянию на 1 января 2020 г., Государственным балансом РФ учитываются запасы для открытой отработки золота на Дурминском месторождении в количестве: категория С1 (запасы разведанных месторождений сложного геологического строения и слабо разведанные запасы полезных ископаемых) – 4052 кг, категория С2 (перспективные, неразведанные запасы) – 4740 кг [1]. Дурминское месторождение находится в зоне кедрово-широколиственных лесов, характеризующихся очень высоким уровнем биоразнообразия как в масштабах России, так и всей планеты.

Отработка запасов Дурминского месторождения планируется открытым способом, в карьере с применением буровзрывных работ. Будет возведён горно-обогатительный комплекс, состоящий из большого числа объектов основного и вспомогательных производств. К нему будет проведена автодорога и ЛЭП со стороны поселка Дурмин. В результате этих работ будет произведена вырубка кедрово-широколиственных лесов на значительной площади, что приведёт к исчезновению в данном районе большого числа видов растений и животных. На территории Дурминского месторождения произрастают и обитают десятки видов растений и животных, включённых в Красные книги Российской Федерации и Хабаровского края. Отдельно стоит отметить, что в верховьях рр. Дурмин, Обор и Кия обитает самая большая группировка амурского тигра в Хабаровском крае за пределами особо охраняемых природных территорий, насчитывающая до 15–22 особей [5].

Цель нашей работы – оценить разнообразие насекомых, обитающих на территории Дурминского месторождения и выявить наиболее уязвимые виды, на которых добыча золота и серебра может оказать наиболее негативное влияние.

Исследования фауны и экологии насекомых, в первую очередь чешуекрылых, проводились нами на территории Дурминского месторождения рудного

золота и серебра и в его окрестностях во второй половине июля – начале августа 2011 г., первой половине августа 2013 г., середине июня и начале октября 2014 г., конце июня 2017 г. Также в работе были использованы сборы и наблюдения А.С. Баталова. Всего нами были собраны около 250 видов высших чешуекрылых и около 50 видов жесткокрылых, а также один вид перепончатокрылых.

Ядро фауны насекомых исследуемой территории составляют виды, имеющие восточноазиатские типы ареалов и обитающие в зоне неморальных лесов. Личинки большинства не хищных видов трофически связаны с растениями, входящих в состав фитоценоза кедрово-широколиственных лесов. Меньшее число видов насекомых имеет широкое распространение на территории Палеарктики и трофически связаны с широко распространёнными в температурной зоне растениями.

Выяснилось, что на территории Дурминского месторождения обитают два вида насекомых, внесённых в Красную книгу Российской Федерации – жук реликтовый усач (*Callipogon relictus* Semenov, 1898) и восковая пчела (*Apis cerana* Fabricius, 1793) [3]. Также имеются сведения, пока до конца не подтверждённые, об обитании здесь пластинчатоусого жука дальневосточного отшельника (*Osmoderma davidis* Fairmaire, 1887), включённого в Красную книгу РФ. В районах, прилегающих к исследуемой территории, он заселяет старые дуплистые деревья разных видов ильмов, лип, клёнов, дуба монгольского и ясеня маньчжурского.

Восковая пчела – один из двух видов медоносных пчёл, обитающих на Дальнем Востоке России. Она имеет большой потенциал для одомашнивания, устойчива к ряду паразитов и вредителей, поражающих домашнюю медоносную пчелу (*A. mellifera* Linnaeus, 1758). На территории России основной ареал восковой пчелы включает Приморский край, откуда известны разрозненные популяции. На юге Хабаровского края вид обитал до конца XIX – начала XX вв., после чего сведений о нём не было более ста лет. Первые современные находки восковой пчелы в Хабаровском крае датируются началом 2010-х гг., когда были обнаружены популяции в окрестностях с. Лермонтовка (Бикинский район) и в верховье р. Дурмин [4]. На территории Дурминского месторождения, где расположено самое северное местообитание в мировом ареале вида, семьи пчёл заселяют естественные пустоты внутри стволов широколиственных деревьев. Вырубка леса приведёт к прямому уничтожению популяции восковой пчелы, отнесённой в Красной книге РФ к первой категории статуса редкости (вид, находящийся под угрозой исчезновения).

Реликтовый усач, который является самым крупным жуком фауны России и Палеарктики, и чьи ближайшие родственники обитают в Центральной Америке, в верховье р. Дурмин образует стабильную популяцию, за которой ведутся наблюдения более 15 лет. Его личинки развиваются здесь в толстоствольных деревьях ребристой берёзы, японского ильма и монгольского дуба. Вырубка леса при строительстве карьера и объектов горно-обогачительного комплекса приведёт к прямому уничтожению этого редчайшего вида в верховье р. Дурмин, что приведёт к ещё большей фрагментации его ареала. В Красной книге РФ реликтовый усач отнесён ко второй категории статуса редкости как вид, сокращающийся в численности и распространении.

Кроме того, три вида насекомых, обитающих на территории Дурминского месторождения, включены в Красную книгу Хабаровского края (2019). Это жук жужелица Шренка (*Carabus schrencki* Motschulsky, 1860) (Carabidae) и бабочки

сфекодина хвостатая (*Sphex caudata* (Bremer et Grey, 1853) (Sphingidae) и мимевземия схожая (*Mimeusemia persimilis* (Butler, 1875) (Noctuidae) [2]. Жужелица Шренка является характерным видом кедрово-широколиственных лесов Приамурья и Приморья, но везде имеет невысокую численность. Сфекодина хвостатая и мимевземия схожая также являются типичными представителями зоны кедрово-широколиственных лесов, из Приамурья известны по единичным находкам; в верховье р. Дурмин расположены одни из самых северных их местообитаний. Гусеницы обоих видов на исследуемой территории развиваются на винограде амурском.

К другим редким видам чешуекрылых, обитающих в верховье р. Дурмин и известных из Хабаровского края лишь по единичным находкам, относятся: *Notodonta stigmatica* Matsumura, 1920, *Peridea jankowskii* (Oberthür, 1879), *Hupodonta corticalis* Butler, 1877 (Notodontidae), *Numenes disparilis* Staudinger, 1887, *Catocala nivea* Butler, 1877 (Erebidae), *Parhylophila celsiana* (Staudinger, 1887) (Nolidae), *Apamea striata* Haruta et Sugi, 1958 (Noctuidae). Золотодобыча приведёт к исчезновению популяций этих видов в связи с уничтожением их местообитаний.

В целом, добыча золота на Дурминском месторождении из-за вырубki кедрово-широколиственных лесов приведёт к уничтожению богатого по видовому разнообразию комплекса насекомых, связанных с ними. После окончания эксплуатации объектов, связанных с добычей золота, будут происходить сукцессии, в результате которых, возможно, восстановятся сообщества, близкие по своему составу к коренным. Но для этого нужно длительное время и ряд видов насекомых, характерных для зоны кедрово-широколиственных лесов, безвозвратно исчезнет на данной территории, особенно это касается таких очень редких и локальных видов, внесённых в Красную книгу РФ, как реликтовый усач и восковая пчела. Согласно Федеральному закону от 24.04.1995 N 52-ФЗ (ред. от 11.06.2021) «О животном мире» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2021) «Действия, которые могут привести к гибели, сокращению численности или нарушению среды обитания объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, Красную книгу субъекта Российской Федерации, не допускаются» (статья 24). Помимо пяти видов насекомых, на территории Дурминского месторождения отмечены 23 вида позвоночных животных, включенных в Красные книги РФ и Хабаровского края (А.Л. Антонов, личн. сообщ.).

Учитывая вышесказанное, разработка Дурминского месторождения рудного золота и серебра недопустима и противоречит федеральному законодательству. Важно отметить, что ущерб, нанесённый окружающей среде, будет многократно превышать экономический эффект от добычи весьма скромных запасов золота и серебра Дурминского месторождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дурминское месторождение // Бизнес-портал NEDRADV. [https://nedradv.ru/nedradv/ru/find\\_place?obj=f2f5e2370b07304ef3b5b8e4913e4e48](https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=f2f5e2370b07304ef3b5b8e4913e4e48)
2. Красная книга Хабаровского края: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений, грибов и животных: официальное издание / Министерство природных ресурсов Хабаровского края, Институт водных и экологических проблем ДВО РАН. Воронеж: ООО «МИР», 2019. 604 с.
3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 24.03.2020 № 162 «Об утверждении Перечня объектов животного мира, занесенных в

---

---

Красную книгу Российской Федерации» (Зарегистрирован 02.04.2020 № 57940).  
<http://www.publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202004020020>

4. Процалыкин М.Ю., Новомодный Е.В., Безбородов В.Г., Кошкин Е.С. Первые современные находки восковой пчелы *Apis cerana* Fabricius, 1793 (Hymenoptera, Apidae) в Хабаровском крае // Евразийский энтомологический журнал. 2014. Т. 13. № 3. С. 295–298.

5. Ситуация с добычей золота в ключевых местообитаниях амурского тигра в Хабаровском крае требует оценки // АНО «Центр «Амурский тигр». 16.07.2020.  
[http://amur-tiger.ru/ru/press\\_center/news/1459](http://amur-tiger.ru/ru/press_center/news/1459)

---

---

## ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Крюкова М.В.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## FORESTRY IN THE KHABAROVSK TERRITORY: ENVIRONMENTAL RISKS AND SOLUTIONS

Kryukova M.V.

*Institute of the Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** Khabarovsk krai characterizes by considerable reserves of forest resources. Its share is 18% of the forested area of the Far Eastern Federal District and 25% of woody reserves. In the region the forestry industry is the branch of national economic specialization, which is associated with the orientation of the production of forestry products to export. The factors that determine environmental risks during logging are analyzed in the article, including a low level of control of felling, disturbance of technologies, rules and standards for felling in main forests, an increase in a fire hazard, a disturbance of the hydrological regime of rivers, the development of erosion processes, pollution of aquatic ecosystems, expansion road networks, increased poaching pressure on previously inaccessible forest areas, etc. Environmental problems determined by these factors are associated with a decrease in the resource, ecological functions of forests, destruction and transformation of historically formed ecosystems. There are impotent an objective inventory of forest resources, an assessment of their quantity and quality, state monitoring of the state of forest ecosystems, etc. to solve these problems.

Хабаровский край характеризуется значительными запасами лесных ресурсов. На его долю приходится 18% лесопокрытой площади Дальневосточного федерального округа и 25% запасов древесины. Характер лесной растительности края складывается под влиянием зональных факторов, определяющих зоны контактов с юга на север – кедрово-широколиственных, широколиственных – хвойных (темнохвойных и светлохвойных) лесов – тундр и лесотундр.

Площадь лесного фонда Хабаровского края составляет 73,7 млн. га с общим запасом древесины на корню 5,06 млрд. м<sup>3</sup>. По целевому назначению леса, расположенные на землях лесного фонда, подразделяются на защитные (12,6%), эксплуатационные (47%), резервные (40,4%). Ежегодно в крае заготавливается до 7,5 млн. м<sup>3</sup> древесины (Лесные и лесоболотные экосистемы Приамурья..., 2020). Запасы основных лесобразующих пород уменьшается также в связи с незаконными вырубками и пожарами, которые в совокупности составляют в разные годы от 100 до 150% объема разрешенных лесозаготовок. Результатом многолетней истории лесопользования является значительная трансформация лесных экосистем.

Факторы, определяющие экологические риски при лесозаготовках включают низкий уровень контроля рубок, нарушения технологий, правил и нормативов рубок в лесах главного пользования, усиление пожароопасной обстановки, нарушение гидрологического режима рек, развитие эрозионных процессов, загрязнение водных экосистем, расширение сети дорог, увеличение браконьерского прессы на ранее труднодоступные лесные территории и т.д. [1–4].

Уязвимость лесной растительности края определяется рядом факторов: экотонным положением и, следовательно, неустойчивостью условий обитания; реликтовостью растительных таксонов и сообществ южной половины края, их несоответствием современным природно-климатическим условиям, низкой степенью их адаптированности; «островным» положением ряда реликтовых, эндемичных таксонов и сообществ.

Освоение лесов региона привело к формированию следующих проблем:

- сокращение спелых и перестойных насаждений,
- повышение роли лиственных и, прежде всего, мелколиственных лесов,
- снижение средних показателей полноты и товарности древостоев;
- сокращение площадей коренных лесов, ценных лесных пород;
- преобразование и разрушение исторически сложившихся экосистем, местообитаний и кормовой базы ценных и редких видов растений и животных,
- уничтожение возможностей для традиционного лесного природопользования,
- изменение направленности эволюции или снижение экологических функций, продуктивности, биологического разнообразия лесных экосистем и, соответственно, степени их устойчивости к внешним воздействиям;

- повышение экологических рисков, угроза деградации природной среды.

На законодательном уровне в Российской Федерации и Хабаровском крае предусмотрены меры по рациональному использованию и сохранению лесов, касающиеся нормативов и правил рубок, ограничений рубок в различных типах лесов. Для их реализации недостает лишь государственного внимания к проблемам лесопользования.

В связи с этим, комплекс мероприятий, направленных на решение экологических проблем лесопользования в сложившихся условиях включает

- объективная инвентаризация лесных ресурсов, оценка их количества и качества, государственного мониторинг состояния лесных экосистем;
- усиление государственных служб, контролирующих лесохозяйственную деятельность (кадровый состав, объемы финансирования);
- поддержка альтернативных типов использования лесов (рекреационное, туристическое и т.д.);
- формирование системы рентных платежей и механизмов экологического страхования в сфере природопользования с учетом экологических услуг;
- разработка порядка осуществления государственного пожарного надзора в лесах, повышение эффективности использования данных спутникового мониторинга лесов;
- разработка комплекса мер по сохранению основных ценных недревесных ресурсов леса, в том числе экологически чистых лекарственных и пищевых продуктов;
- разработка Положения о государственном мониторинге природной среды в области биологического разнообразия. регламентирование порядка ведения кадастра данных мониторинга биологического состояния регионов России
- совершенствование системы экологического образования;
- совершенствование и необходимая адаптация экологической и природоохранной законодательной и нормативно-правовой базы, механизмов их реализации в конкретных условиях параллельно с ростом ответственности за их исполнение и др.

---

---

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесные и лесоболотные экосистемы Приамурья, их роль в социально-экономическом развитии региона. Хабаровск: АО «Хабаровская краевая типография», 2020. 356 с.
2. Шлотгауэр С.Д. Антропогенная трансформация растительного покрова тайги. М.: Наука, 2007. 178 с.
3. Шлотгауэр С.Д., Крюкова М.В. Воздействие пирогенного фактора на состояние растительного покрова в бассейне Амура // Вестник ДВО РАН. 2008. № 1. С. 59–68.
4. Kryukova M.V., Schlothgauer S.D. Trends in vegetation cover dynamics in the Russian part of the Amur River basin in relation to the economic development of the territory // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. Vol. 629. 012037

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК Г. ХАБАРОВСКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИЛИОФАУНЫ

Куленко Е.А., Никитина Л.И.

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения,  
Хабаровск, Россия*

## ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF SMALL RIVERS Khabarovsk based on the use of ciliofauna

Kulenko E.A., Nikitina L.I.

*Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The paper identifies and describes the indicator properties of the faunistic complexes of small rivers in the city of Khabarovsk: Cherdymovka, Plyusninka, Polezhaevka, Gnilaya Pad. It was determined that most (61%) of the fauna of ciliates belongs to the  $\alpha$ -mesosaprobic complex, which is a sign of an increased anthropogenic load on the studied watercourses.

Малые реки составляют основу гидрографической сети, формируя гидрологический, биологический и гидрохимический режимы более крупных рек. Однако именно малые реки более чувствительны к внешним поллютантам. Зачастую малые реки выступают в роли приемников сточных вод, бытового и строительного мусора. По мере воздействия человека на природу проблемы чистой воды и охраны водных экосистем становятся все более существенными. С ростом хозяйственной деятельности человека возрастает антропогенная нагрузка на геосистемы различных иерархических уровней, включая водные объекты. Состояние бассейна малых рек является индикатором состояния речной сети в целом. Всякое изменение, происходящее в состоянии природно-территориальных комплексов, отражается на гидрологическом режиме малых рек, а также приводит к значительным изменениям в водном режиме более крупных рек.

При оценке экологического состояния водных объектов массовое распространение получили методы биотестирования и биоиндикации [1]. Данные методы предполагают использование живых организмов в качестве индикаторов при определении степени загрязненности окружающей природной среды. Использование инфузорий в качестве тест-объекта обусловлено быстрой, чуткой и легко регистрируемой реакцией цилиат на действие поллютанта даже малой концентрации, также достаточно высокой скоростью воспроизводства генетически однородных особей. Проблема исследования и сохранения биоценозов пресных водоемов тесно связана с изучением их биоразнообразия. Ввиду этого существенный интерес вызывают малые реки г. Хабаровска.

Целью работы является оценка экологического состояния малых рек г. Хабаровска (Чердымовка, Плюснинка, Полежевка, Гнилая Падь) с помощью метода биоиндикации (на примере инфузорий).

Задачи работы:

1. Определить видовое разнообразие инфузорий малых пр. Чердымовка, Плюснинка, Полежаевка, Гнилая Падь.
2. Идентифицировать выявленные виды инфузорий по категориям сапробности.

3. Определить степень токсичности исследуемых малых рек по показательным комплексам цилиат.

Гидробиологические образцы проб отбирали на мелководье малых рек г. Хабаровска в течение 2019–2021 гг. Изучение инфузорий производили *in vivo* и *in vitro* с использованием микроскопа фирмы «Ломо» (Россия). Для определения видовой принадлежности использовали описания, изложенные в статьях и монографиях [2; 3; 4].

Малые реки Чердымовка и Плюснинка начинаются в центральной части г. Хабаровска и протекают под Амурским и Уссурийским бульварами на всем их протяжении. Изначально рр. Чердымовка и Плюснинка, имеющие родниковое происхождение, были источниками питьевой воды. В середине XX века из-за неудовлетворительного качества воды, реки были убраны в подземные коллекторные трубы, напрямую впадающие в р. Амур в районе стадиона им. Ленина и речного вокзала. Реки питаются за счет ливневого стока с дорог и улиц города, а также неочищенными сточными водами [5].

Река Полежаевка протекает по территории Железнодорожного района города, вблизи аэропорта. Водоток выполняет функции сбора и отвода поверхностных городских вод. Через реку проходят транспортные маршруты, организована автомобильная и пешеходная инфраструктура. В пределах водоохраной зоны на протяжении всей реки находятся несколько автосервисов и автозаправочных станций. На территории водосбора было отмечено захламление поймы и русла реки отходами производства и потребления, а также следы сжигания отходов [5].

Река Гнилая Падь дренирует территорию Железнодорожного и частично Индустриального районов Хабаровска. Основная часть водосбора расположена на равнинной заболоченной поверхности 2-й надпойменной террасы р. Амур. В ходе интенсивной застройки районов через реку были проложены транспортные маршруты, построена автомобильная и пешеходная инфраструктура. На рассматриваемой территории вблизи поселка им. Горького и Восточного шоссе наблюдается загрязнение прибрежных зон отходами и объектами автосервиса, а также свалками бытовых и строительных отходов [2].

В ходе цитологического исследования малых рек г. Хабаровска было определено, что цилиофауна исследуемых водотоков представлена 37 видами, относящимися к 2 подтипам и 8 классам. Представители многочисленных классов – Oligohymenophorea (11 видов или 30%), Spirotrichea (8 видов или 22%), Litostomatea (6 видов или 16%). В сумме данные классы составляют 68% от общего видового разнообразия инфузорий.

Максимальное фаунистическое разнообразие ресничных зарегистрировано в р. Гнилая Падь 23 вида инфузорий, что соответствует 62% от всей выявленной фауны инфузорий. Кроме того, видовое разнообразие цилиофауны данного водоема представлено группой стенотопных представителей: *Spirostomum ambiguum*, *Coleps hirtus*, *Epistylis chrysemidis*, *Uronema marinum*, *Tetrahymena pyriformis*, *Caenomorphia medusula*.

В р. Чердымовка было выявлено 17 видов инфузорий, составляющих 46% от общего видового богатства. К категории стенотопных было отнесено 4 вида: *Stylonychia pustulata*, *Acineria sp.*, *Chilodonella sp.*, *Trithigmostoma steini*, *Vorticella alba*.

В р. Полежаевка выявлено 17 видов инфузорий, что соответствует 46% от общего видового богатства инфузорий. Стенотопные виды: *Podophrya fallax*, *Stylonychia putrina*, *Acineria sp.*, *Amphileptus pleurosigma*, *Lacrymaria olor*.

В р. Плюснинка было обнаружено 15 видов инфузорий, составляющих 40,5% от общего видового разнообразия фауны инфузорий. Стенотопных представителей в данном водоеме выявлено не было.

Следовательно, максимальное количество узкоприспособленных видов инфузорий регистрируется в р. Гнилая Падь – 6 видов, что составляет 26% от видового разнообразия фауны инфузорий в водоеме, или 16% от всего фаунистического разнообразия.

Инфузории, имея высокую восприимчивость к химическому составу вод, применяются в качестве индикатора органического загрязнения. Для всей обнаруженной цилиофауны была определена категория сапробности и степень токсичности исследованных водоемов. Количество видов инфузорий в каждой из исследованных малых рек, отнесенных к различным зонам сапробности, отражено на рис. 1. Из выявленной фауны инфузорий к категории олигосапробных относятся 1 представитель или 3% от всей выявленной цилиофауны, к  $\beta$ -мезосапробной – 4 вида (12%),  $\alpha$ -мезосапробной – 20 видов (61%), и полисапробной – 8 представителей (24%) (рис. 1).

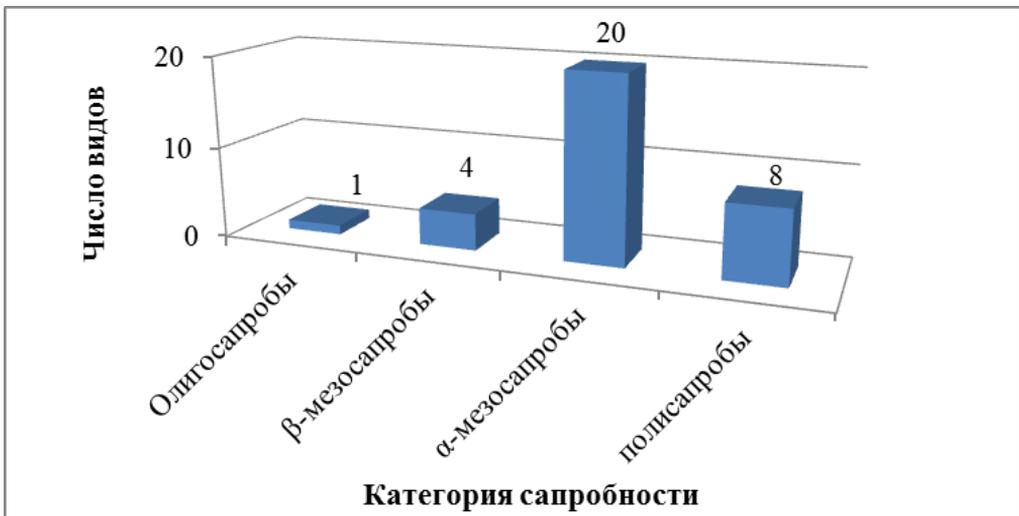


Рис. 1. Соотношение фауны инфузорий, встречающейся в разных зонах сапробности

В результате проведенного анализа состава сапробных групп фауны инфузорий малых рек г. Хабаровска было зарегистрировано доминирование  $\alpha$ -мезосапробного комплекса инфузорий во всех исследованных водотоках, составляющего ядро всей цилиофауны (табл.1, рис. 2), т.е. это свидетельствует о том, что обследованные малые реки находятся в сильно загрязненном состоянии.

Таблица 1. Сапробные классы выявленных видов инфузорий

Виды инфузорий	Водотоки			
	Чердымовка	Плюснинка	Полежаевка	Гнилая Падь
1. <i>Loxodes rostrum</i> Muller, 1786	α-мезосапроб	α-мезосапроб		
2. <i>Spirostomum teres</i> Claparede et Lachmann, 1859	полисапроб	полисапроб	полисапроб	полисапроб
3. <i>Spirostomum ambiguum</i> (Muller, 1786) Ehrenberg, 1834				α-мезосапроб
4. <i>Stentor roeseli</i> Ehrenberg, 1835				β-мезосапроб
5. <i>Chilodonella uncinata</i> Ehrenberg, 1838			α-мезосапроб	α-мезосапроб
6. <i>Trithigmostoma cucullulus</i> Muller, 1786		α-мезосапроб	α-мезосапроб	α-мезосапроб
7. <i>T.steinii</i> Blochmann, 1895	α-мезосапроб			
8. <i>Podophrya fallax</i> Dingfelder, 1962			полисапроб	
9. <i>Coleps hirtus</i> Nutzschn, 1817				α-мезосапроб
10. <i>Stylonychia mytilus</i> complex Ehrenberg, 1838	α-мезосапроб	α-мезосапроб		
11. <i>S. pustulata</i> Ehrenberg, 1838	β-мезосапроб			
12. <i>S. putrina</i> Stokes, 1885			α-мезосапроб	
12. <i>Aspidisca turrita</i> Ehrenberg, 1838	α-мезосапроб	α-мезосапроб		
13. <i>Aspidisca costata</i> Dujardin, 1842	α-мезосапроб	α-мезосапроб	α-мезосапроб	α-мезосапроб
14. <i>Strobilidium caudatum</i> Fromentel, 1874	олигосапроб	олигосапроб	олигосапроб	олигосапроб
15. <i>Oxytricha fallax</i> Stein, 1859	α-мезосапроб	α-мезосапроб		
16. <i>Tachysoma pellionellum</i> Muller, 1773		α-мезосапроб	α-мезосапроб	α-мезосапроб
17. <i>Urocentrum turbo</i> Nutzschn, 1827		β-мезосапроб	β-мезосапроб	β-мезосапроб
18. <i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg, 1838	α-мезосапроб	α-мезосапроб	α-мезосапроб	α-мезосапроб
19. <i>Frontonia leucas</i> Ehrenberg, 1838	β-мезосапроб		β-мезосапроб	β-мезосапроб
20. <i>Vorticella convallaria</i> Linnaeus, 1757	α-мезосапроб	α-мезосапроб		
21. <i>V. alba</i> Fromentel, 1876	полисапроб			
22. <i>Colpidium colpoda</i> Stein, 1860	полисапроб	полисапроб	полисапроб	полисапроб
23. <i>C. campylum</i> Stokes, 1886	полисапроб			полисапроб
24. <i>Epistylis chrysemydis</i> Bishop et Jahn, 1941				α-мезосапроб
25. <i>Uronema marinum</i> Dujardin, 1841				α-мезосапроб
26. <i>Tetrahymena pyriformis</i> complex Schewiakoff, 1889				полисапроб
27. <i>Caenomorpha medusula</i> Perty, 1852				полисапроб
28. <i>Acineria incurvata</i> Dujardin, 1841	полисапроб	полисапроб	полисапроб	полисапроб
29. <i>Litonotus fusidens</i> Kahl, 1926			α-мезосапроб	α-мезосапроб
30. <i>L. carinatus</i> Stokes, 1885			α-мезосапроб	
31. <i>Amphileptus pleurosigma</i> Hemio-phrys in Stokes, 1884			α-мезосапроб	
32. <i>Lacrymaria olor</i> O.F. Muller, 1776			α-мезосапроб	

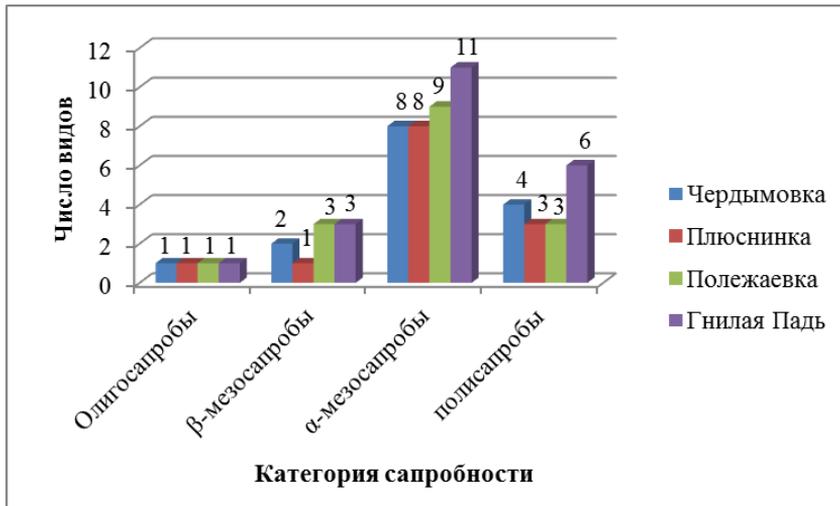


Рис. 2. Группы сапробности инфузорий исследованных малых рек

При изучении фауны инфузорий малых рек г. Хабаровска было выявлено 37 видов, относящихся к 2 подтипам и 8 классам. Основу фаунистического разнообразия составляют классы *Oligohymenophorea* (30%) и *Spirotrichea* (22%). Максимальное богатство видов зарегистрировано в р. Гнилая Падь (23 вида), а минимальное — в р. Плюснинка (15 видов).

По определенному видовому составу исследованные малые реки следует отнести к α-мезосапробным водным объектам с тенденцией к полисапробности, это свидетельствует об интенсивном антропогенном воздействии и как следствие нахождение водных объектов в состоянии между «грязными» и «экстремально грязными».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноходов Д. О. Научные основы биотестирования с использованием инфузорий. Д: дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2007. 262 с.
2. Протисты: Руководство по зоологии / под ред. А.Ф. Алимова. СПб.: Наука, 2007. Ч. 2. 1144 с.
3. Berger H., Foissner W. Illustrated guide and ecological notes to ciliate indicator species (Protozoa, Ciliophora) in running waters, lakes, and sewage plants // Handbuch Angewandte Limnologie. Ecomed Verlag, 2003. 160 p. (Handbuch angewandte Limnologie/ C. Steinberg, W. Klapper (Hrsg.). 17. Erg.Lfg. 10/03).
4. Foissner W., Berger H. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology // Freshwater Biology. 1996. Vol. 35, N 2. P. 375–482. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1996.tb01775.x.
5. Суховеева Е.Е., Дорофеева Н.Н. Антропогенные изменения морфологии малых рек в структуре застройки г. Хабаровска // Новые идеи нового века: материалы междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2020. Т. 2. С. 316–322.

**ЛИСТВЕННИЧНИКИ ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «БАСТАК»****Лонкина Е.С.<sup>1</sup>, Рубцова Т.А.<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>*Государственный заповедник «Бастак», Биробиджан, Россия*<sup>2</sup>*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
Биробиджан, Россия***THE LARCH FOREST OF THE STATE NATURE RESERVE BASTAK  
(JEWISH AUTONOMOUS REGION)****Lonkina E.S.<sup>1</sup>, Rubtsova T.A.<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>*The state nature reserve «Bastak», Birobidzhan, Russia*<sup>2</sup>*Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidzhan, Russia*

**Abstract.** The article presents information about the current state of the larch forests of the state nature Reserve "Bastak". The area, ecological and cenotic conditions of growth are determined, the classification of the studied plant communities is presented, a brief description of the forest structure is given. The current state of the larch forests of the state nature Reserve "Bastak" can be assessed as fairly stable. Currently, larch forests occupy within 25% of the forested area. The most widespread area is occupied by lowland larch forests (94%). Mountain larch forests are derived plant communities formed after logging in fir-spruce forests.

Государственный природный заповедник «Бастак» – единственная федеральная особо охраняемая природная территория (ООПТ), расположенная на территории Еврейской автономной области (ЕАО). Он учрежден постановлением Правительства Российской Федерации № 96 от 28.01.1998 г. Заповедник «Бастак» состоит из двух кластерных участков: «Центральный» – расположен в северо-восточной части ЕАО, севернее административного центра региона г. Биробиджан и «Забеловский» – в восточной части ЕАО. Он находится в трех муниципальных районах: Биробиджанском, Облученском и Смидовичском. Общая площадь заповедника составляет 128055 га.

Поверхность территории заповедника «Бастак» представлена двумя типами рельефа: горным (на севере и в центре кластера «Центральный») и равнинным (на юге кластера «Центральный» и вся территория кластера «Забеловский»).

Территория заповедника характеризуется ультраконтинентальным климатом с отчетливыми проявлениями муссонных процессов. Многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет +1,7 °С, что является нормой для районов умеренного муссонного климата. Январь – самый холодный месяц года, среднемесячная температура которого составляет -21°С. Наиболее теплым месяцем года является июль, среднемесячная температура которого составила +21°С. Среднегодовое количество осадков, выпадающих на территории заповедника, составляет 931 мм, что выше нормы, указанной в литературе (600–800 мм) [1]. Режим увлажнения территории характеризуется резко выраженной сезонностью. Наибольшее количество выпадающих осадков приходится на теплый период, когда выпадало от 36% до 75% всех осадков. Самые обильные осадки выпадают в июле-августе (на эти месяцы приходится от 15% до 63% от общего объема выпавших осадков), минимальное количество осадков характер-

но для января-февраля (0,2–9% от общего объема осадков). Средней многолетней датой установления устойчивого снежного покрова является 10 ноября. Высота снежного покрова средним за зиму составляет 22 см на открытых пространствах и 19 см – в лесу. В целом, начиная с 2016 г. прослеживается тенденция к уменьшению высоты снежного покрова как на открытых пространствах, так и в лесу [4].

Низкая температура зимой и малая мощность снегового покрова способствуют глубокому промерзанию почвы, достигающему 150–200 см, что ухудшает условия произрастания растительных сообществ.

Большая часть территории заповедника «Бастак» (75881,7 га) представлена разнообразными по условиям произрастания и видовому составу лесами. Наибольшее распространение в заповеднике имеют следующие древесные породы: береза белая (плосколистная) *Betula platyphylla* Sukacz. (14571 га), лиственница Каяндера *Larix cajanderi* Mayar (10019,1 га), береза желтая *Betula costata* Trautv. (8505,1 га), дуб (8249,2 га), пихта *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim. (7778,9 га), кедр *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. (5071,8 га), осина *Populus tremula* L. (4965,1 га), ель *Picea* (4125,8 га), ольха волосистая *Alnus hirsuta* (Spach.) Fisch. ex Rupr (3447,6 га), липа *Tilia* (3286,8 га). Одним из ключевых показателей устойчивости лесных экосистем является лесистость территории. Согласно материалам лесоустройства, общая лесистость территории заповедника составляет 56%. Лесистость крайне неравномерна по участковым лесничествам: в Горном она составляет 96%, в Икуринском – 61%, Раздольненском – 39%, в Забеловском – 29% [2].

Целью данной работы является характеристика современного состояния лиственничных лесов заповедника «Бастак». Для выполнения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить эколого-ценотические условия произрастания лиственничников в пределах государственного природного заповедника «Бастак».
2. Выявить основные доминанты и структуру древесного яруса изучаемых фитоценозов.

Для определения условий произрастания лиственничников заповедника «Бастак», выявления в них преобладающих древесных пород, определения таксационных характеристик древостоя авторами проведено маршрутное обследование лесов заповедника. Густота маршрутов позволила охватить практически весь массив лиственничников. При маршрутном обследовании проводились геоботанические описания пробных площадей размером 20 м x 20 м. Для описания выбраны участки, относительно однородные по экологическим условиям и флористическому составу. При описании сообществ собрана следующая информация и измерения: 1) Географическое положение; 2) Геоморфология; 3) Описание древостоя (общая сомкнутость, средняя высота древостоя, полный видовой состав; для каждого вида деревьев – общее проективное покрытие (ОПП) в %, высота, диаметр); 4) Описание подроста (видовой состав, высота подроста каждого вида дерева и оценивается его количество в шт./ га); 5) Описание подлеска (общее проективное покрытие в %; для каждого вида кустарников – средняя высота и проективное покрытие в %); 6) Описание травяного яруса включает в себя составление полного видового списка, определение общего проективного покрытия травяного яруса и каждого вида в %, средняя высота каждого вида в метрах) [6, 7]. Помимо собственных полевых исследований, для анализа современного состояния лиственничных лесов заповедника использо-

ваны материалы лесоустройства (2011 г.) и государственного лесного реестра (по данным на 01.01.2021 г.).

Эдификатором лиственничников заповедника «Бастак» является лиственница Каяндера. В заповеднике изучаемые фитоценозы произрастают только в кластере «Центральный» на территориях Горного, Икуринского и Раздольненского участков лесничеств. Данные растительные сообщества произрастают как в горной части особо охраняемой природной территории, так и на равнине, в связи с чем подразделяются на горные и равнинные. Общая площадь произрастания лиственничников в пределах заповедника «Бастак» составляет 15109,1 га.

Горные лиственничники отмечены нами в верховьях рр. Икура и Бастак. В данных растительных сообществах выделены лиственничники склоновые и долинные. Склоновые лиственничники произрастают на достаточно крутых склонах (крутизна склона 20–30°) и узких водоразделах. Почвы в исследуемых сообществах сильнокаменистые светло-бурые мерзлотные. Данные растительные сообщества согласно материалам лесоустройства относятся к лиственничникам кустарниковым (тип леса Лк), лиственничникам зеленомошными (Лзм) и лиственничникам рододендроновым (Лр), а согласно эколого-флористической классификации – к ассоциации *Aceri tegmentosii-Laricetum cajanderi* Krestov et al. 2009 союза *Abieti nephrolepidis-Piceion jezoensis* Song, 1991 порядка *Abietu vetchii-Piceetalia jezoensis* Miyawaki et al. 1968 класса *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 [2, 6]. Исследуемые формации характеризуются достаточно простой структурой, флористический состав значительно совпадает с растительностью еловых лесов особо охраняемой природной территории, что позволяет сделать вывод о том, что данные растительные сообщества являются производными от ельников заповедника «Бастак». Древостой двухъярусный. Первый ярус слабосомкнутый (ОПП составляет 50%), он сформирован лиственницей Каяндера *Larix cajanderi* Maug и березой плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz, во втором преобладает ель аянская *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Cam. и пихта белокорая *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim. (ОПП до 60%). Кустарниковый ярус редкий (ОПП до 15%), представлен рододендроном даурским *Rhododendron dauricum* L., рябинником рябинолистным *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., крайне редко встречаются актинидия коломикта *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim, чубушник тонколиственный *Philadelphus tenuifolius* Rupr. et Maxim, таволга иволистная *Spiraea salicifolia* L. и средняя *Spiraea media* Franz Schmidt и другие виды. Травяной ярус редкий (ОПП до 10%), представлен мелкотравьем (линнея северная *Linnaea borealis* L., майник двулистный *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, кислица обыкновенная *Oxalis acetosella* L., седмичник европейский *Trientalis europaea* L.) в сочетании с папоротниками (ложнопузырник игольчатый *Pseudocystopteris spinulosa* (Maxim.) Ching, лептормора амурская *Leptorumohra amurensis* (Christ) Tzvel.) и вейником Лангсдорфа *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin.. Хорошо развит моховой покров (ОПП 90%), состоящий из гилокомиума блестящего *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., плеврозиума Шребера *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., и мхов рода сфагнум *Sphagnum*. Общая площадь произрастания составляет 837,4 га.

В слабодренированных долинах горных рек в их верхнем течении, а также в нижних частях пологих склонов нами отмечаются небольшие участки долинных лиственничников. Данные растительные сообщества согласно материалам лесоустройства относятся к лиственнично-еловым (тип леса ЛЕ), а согласно эколого-флористической классификации в ассоциации *Filipendulo palmatae-*

*Laricetum cajanderi* Krestov et al. 2009 союза *Abieti nephrolepidis-Piceion jezoensis* Song, 1991 порядка *Abiety veitchii-Piceetalia jezoensis* Miyawaki et al. 1968 класса *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 [2, 8]. Растительные сообщества произрастают на дерново-подзолисто-глеевых или дерново-аллювиально-оглееных почвах. Исследуемые фитоценозы характеризуются достаточно сложной структурой. Древостой разнообразный, в основном двухъярусный. Первый ярус слабосомкнутый (ОПП составляет 30%), сформирован лиственницей Каяндера *Larix cajanderi* Майг, березой плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz., тополями дрожащим *Populus tremula* L. и Максимовича *Populus maximowiczii* A. Henry, во втором ярусе преобладает ольха волосистая *Alnus hirsuta* (Spach) Fisch. ex Rupr., встречаются ель аянская *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr., пихта белокорая *Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim., ива Шверина *Salix schwerinii* E. Wolf, клен зелеленокорый *Acer tegmentosum* Maxim. (ОПП до 30%). Кустарниковый ярус достаточно густой (ОПП до 30%), произрастает куртинами, среди кустарников преобладают рябинник рябинолистный *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., рододендрон даурский *Rhododendron dauricum* L., крайне редко встречаются березы овальнолистная *Betula ovalifolia* Rupr. и кустарниковая *Betula fruticosa* Pall., голубика топяная *Vaccinium uliginosum* L., багульник болотный *Ledum palustre* L. и другие виды. Травяной ярус густой (ОПП до 70%), представлен вейником Лангсдорфа *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin., различными видами осок, образующих кочки (осока Шмидта *Carex schmidtii* Meinsh., придатконосная *Carex appendiculata* (Trautv. et Mey.) Kuk., вздутоносая *Carex rhynchophylla* C.A. Mey.), лабазником дланевидным *Filipendula palmata* (Pall.) Maxim., волжанкой двудомной *Aruncus dioicus* (Walt.) Fern., дудником даурским *Angelica dahurica* (Fisch.) Benth. et Hook. fil. ex Franch. et Savat., недоспелкой копьевидной *Cacalia hastata* L., кочедыжником Мономаха *Athyrium monomachii* (Kom.) Kom., наумбургией кистецветной *Naumburgia thyrsoiflora* (L.) Reichenb., калужницей перепончатой *Caltha membranacea* (Turcz.) Schipcz., борцом тенелюбивым *Aconitum umbrosum* (Korsh.) Kom., княжиком охотским *Atragene ochotensis* Pall. и другими видами. Общая площадь произрастания составляет 107,9 га.

В равнинной части нами отмечаются сфагновые и вейниково-разнотравные лиственничники. На пологих затенённых часто вогнутых склонах, в проточно-заболоченных котловинах, на широких и плоских увалах и в блюдцеобразных понижениях произрастают сфагновые лиственничники. Данные растительные сообщества согласно материалам лесоустройства относятся к лиственничникам багульниково-моховым (тип леса Лбм), осоковым (Ло), голубично-сфагновым (Лгс), осоково-сфагновым (Лос), сфагновым (Лс), а согласно эколого-флористической классификации к ассоциациям *Chamaedaphno calyculatae-Laricetum cajanderi* Krestov et al. 2009 союза *Ledo palustris-Laricion cajanderi* Ermakov in Ermakov et Alsynbaev 2004 порядка *Ledo palustris-Laricetalia cajanderi* Ermakov in Ermakov et Alsynbaev 2004 класса *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 [2, 8]. Растительные сообщества произрастают на светло-бурых мерзлотных, гумусово-иллювиальных, торфянисто-подзолисто-глеевых почвах. Исследуемые фитоценозы характеризуются достаточно простой структурой. Древостой в основном одноярусный, достаточно разреженный (ОПП до 50%). Он сформирован преимущественно лиственницей Каяндера *Larix cajanderi* Майг, березой плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz., ольхой волосистой *Alnus hirsuta* (Spach) Fisch. ex Rupr. Кустарниковый ярус достаточно густой (ОПП 50%), состоит из берез кустарниковой *Betula fruticosa* Pall. и оваль-

нолистной *Betula ovalifolia* Rupr., подбелом полиумолистным *Andromeda polifolia* L., болотным миртом чашечным *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, рябинником рябинолистным *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., рододендрон даурским *Rhododendron dauricum* L., голубикой топяной *Vaccinium uliginosum* L., багульником болотным *Ledum palustre* L., клюквой мелкоплодной *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., клюквой болотная *Oxycoccus palustris* Pers. и другими видами. Травяной ярус редкий (ОПП до 20%), представлен вейником Лангсдорфа *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin., различными видами осок, образующих кочки (осока шаровидная *Carex globularis* L., осока мелкая *Carex minuta* Franch., осока дернистая *Carex cespitosa* L., осока Шмидта *Carex schmidtii* Meinsh., осока Мейера *Carex meyeriana* Kunth, осока придатконосная *Carex appendiculata* (Trautv. et Mey.) Kuk.), смилацина трехлистная *Smilacina trifolia* (L.) Desf. и другими видами. Хорошо развит моховой покров (ОПП до 90%), состоящий из различных мхов рода *Sphagnum*. Общая площадь произрастания составляет 6945,5 га.

В надпойменных террасах, на плоских увалах, пологих распадках произрастают лиственничники вейниково-разнотравные. Данные растительные сообщества согласно материалам лесоустройства относятся к лиственничникам вейниково-разнотравным (тип леса Лврт) и лиственнично-дубовым лесам (ЛД), а согласно эколого-флористической классификации они отнесены к ассоциации *Quercu mongolicae-Laricetum cajanderi* Krestov 2009 союза *Dictamno dasycarpi-Quercion mongolicae* Kim ex Krestov et al. 2006 порядка *Lespedeza bicoloris-Quercetalia mongolicae* Krestov et al. 2006 класса *Quercu mongolicae-Betuletea davuricae* Ermakov et Petelin in Ermakov 1997 [2, 6]. Они произрастают на дерново-подзолисто-глеевых, буроподзолистых каменистых почвах. Исследуемые фитоценозы характеризуются достаточно простой структурой. Древостой, в основном двухъярусный, сомкнутый (ОПП до 80%). Он сформирован лиственницей Каяндера *Larix cajanderi* Maug, дубом монгольским *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb., березами плосколистной *Betula platyphylla* Sukacz. и даурской *Betula davurica* Pall. Кустарниковый ярус средней густоты (ОПП до 30%), состоит из леспедецы двуцветной *Lespedeza bicolor* Turcz., лещины разнолистной *Corylus heterophylla* Fisch. ex Trautv., шиповника иглистого *Rosa acicularis* Lindl. (*Rosa suavis* Willd.), калины Саржента *Viburnum sargentii* Koehne и других видов. Травяной ярус густой (ОПП до 70%), представлен вейником Лангсдорфа *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin., орляком обыкновенным *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, чиной Комарова *Lathyrus komarovii* Ohwi, ветровочником удским *Anemonoides udensis* (Trautv. et Mey.) Holub, василистником нитчатым *Thalictrum filamentosum* Maxim., колокольчиком точечным *Campanula punctata* Lam., ландышем Кейске *Convallaria keiskei* Miq., володушкой длинноручевой *Vupleurum longiradiatum* Turcz., осокой серповидной *Carex falcata* Turcz., осокой возвратившейся *Carex reverta* V. Krecz., лабазником дланевидным *Filipendula palmata* (Pall.) Maxim. и другими видами. Общая площадь произрастания составляет 7219 га.

Таким образом, современное состояние лиственничников государственного природного заповедника «Бастак» можно оценить как достаточно стабильное. В настоящее время лиственничники занимают в пределах 25% лесопокрытой площади. Наибольшее распространение по площади занимают равнинные лиственничники (94%). Горные лиственничники представляют собой производные растительные сообщества, сформированные после рубок в пихтово-еловых лесах. Равнинные лиственничники периодически подвержены воздействию лес-

ных пожаров. Однако, анализ материалов лесоустройства за период 1969–2011 гг. свидетельствует о стабильном развитии данных растительных сообществ: площадь их произрастания увеличилась в 2,1 раза, а запас насаждения – в 2,3 раза [3]. Кроме того, анализ лесовозобновительных процессов, протекающих в исследуемых растительных сообществах, свидетельствует о том, что при отсутствии повторных лесных пожаров и наличии уцелевших взрослых особей лиственницы Каяндера *Larix cajanderi* Mayr, восстановление лиственничников происходит в течение 5–10 лет; если же лиственничники были уничтожены полностью, восстановление растительного сообщества происходит в течение 20 лет [4]. Несмотря на стабильное состояние лиственничников заповедника «Бастак», своевременное проведение противопожарных мероприятий может существенно улучшить состояние не только исследуемых растительных сообществ, но и всех природных комплексов резервата.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. География Еврейской автономной области: общий обзор [Электронный ресурс] / отв. ред. *Е.Я. Фрисман*. Электронные текстовые данные (1 файл: 101 Мб). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 408 с.
2. Лесохозяйственный регламент лесничества «Государственный природный заповедник Бастак». Биробиджан: Изд-во ФГБУ «Государственный заповедник «Бастак». 2014. 60 с.
3. *Лонкина Е.С., Калинин А.Ю.* Динамика лесного фонда заповедника «Бастак» // Биологическое разнообразие и устойчивость лесных и урбоэкосистем. Первые международные чтения памяти Г.Ф. Морозова. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. С. 73–78.
4. *Лонкина Е.С., Лямзина Л.В., Рубцова Т.А.* Динамика изменений климатических показателей в заповеднике «Бастак» в период 2001–2019 гг. // Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов: материалы Всероссийской научно-практической конференции, / Уральский государственный педагогический университет; под редакцией *О. В. Янцер, Д. Н. Липухина, Ю. Р. Ивановой*. – Электрон. дан. Екатеринбург: [б. и.], 2021. С. 68–74.
5. Программа и методика биогеоценологических исследований / под ред. *Н.В. Дылица*. М.: Наука, 1974. 403 с.
6. *Krestov P.V., Ermakov N.B., Osipov S.V., Nakamura Y.* Classification and phytogeography of larch forest of Northeast Asia / *Folia geobotanica*. 2009. Т. 44. Р. 323–363. DOI 10.1007/s12224-009-9049

**ВИТАЛИТЕТНАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *ACER NEGUNDO*  
В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ****Морозова Г.Ю.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия***VITALITY STRUCTURE *ACER NEGUNDO* POPULATIONS  
IN URBAN ENVIRONMENT****Morozova G. Yu.***Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The results of a comparative analysis of the *Acer negundo* vital structure populations during ontogenetic development in an urban environment are presented. There is a restructuring of the vital structure of populations *A. negundo* from prosperous to depressive, changing the living condition of individuals and the quality of populations in urban conditions. The quality index of *A. negundo* populations was in the amplitude from 0.5 to 0.166 along the urbanization gradient. High plasticity and variability of *A. negundo* in combination with the dynamic vitality structure on the background of anthropogenic impacts provide active colonization of this invasive species in the city.

Экспансия инвазионных видов является в настоящее время глобальной экологической проблемой [1, 3, 4]. Городская среда предоставляет инвазионным видам максимум возможностей вследствие высокой степени её нарушенности, незанятости экологических ниш, а также наличия возможных регенерационных ниш. Интенсивность процесса инвазии в городах повышается из-за биологических особенностей самих растений, составляющих комплекс инвазивности вида. Основу синдрома инвазивности вида составляют параметры репродуктивной сферы растений (тип опыления, семенная продуктивность), особенности вегетативного размножения, жизненная форма, пластичность и изменчивость, эколого-ценотическая стратегия и отношение к фитофагам [4].

Одним из широко распространившихся в городах видов, занесённых в «Black»-лист инвазионных растений России, является *Acer negundo* L., естественный ареал которого находится в Северной Америке. Растение проникло в Европу в XVII в., а к концу XIX в. распространилось в России. В 1950–1960 гг. *A. negundo* широко культивировали в городах российского Дальнего Востока, где он быстро натурализовался.

В городской среде *A. negundo* формирует самовозобновляющиеся интродукционные популяции. Сочетание высокой экологической толерантности, выраженных аллелопатических свойств и особенностей микоризообразования дают конкурентные преимущества *A. negundo* перед местными видами. Способность к быстрому распространению связана с обильным семеношением, высокой всхожестью семян, распространением их на относительно большие расстояния, а также способностью быстро восстанавливаться после повреждений за счёт прорастания спящих почек [3]. Причинами его успешной инвазии в городской среде является активное возобновление, как под собственным пологом, так и под пологом других деревьев, что позволяет *A. negundo* удерживать лидерство в городских посадках.

Успешное разрастание *A. negundo* по всей территории города свидетельствует о высоком инвазионном потенциале вида, который реализуется уже на

ранних стадиях развития. Распространение *A. negundo* в урбоценозах за счет высокой семенной продуктивности и всхожести семян позволяет виду быстро осваивать свободные экологические ниши.

Цель исследования состояла в изучении жизненного состояния *A. negundo* и сравнительного анализа виталитетной структуры его популяций в ходе онтогенетического развития в разных условиях урбанизированной среды (на примере Хабаровска) для организации популяционного мониторинга.

Определение относительного жизненного состояния *A. negundo* в разных онтогенетических состояниях проводилось по категориям: 1 – здоровое дерево без признаков ослабления (высший класс виталитета); 2 – ослабленное, снижение густоты кроны на 30% (промежуточный класс виталитета); 3 – сильно ослабленное, с признаками угнетения, снижение густоты на 60% (низший класс виталитета); 4 – сухостой (погибшие). Оценку жизненного состояния взрослых растений проводили при сплошном перече́те в посадках в разных городских экотопах. Для растений имматурного онтогенетического состояния размер учётных площадок составил 1 м<sup>2</sup>, которые закладывали в четырехкратной повторности по градиенту экотопов. Названия сосудистых растений, фамилии авторов таксонов приведены в соответствии с базой The Plant List<sup>1</sup>.

Градиент урбанизированных экотопов составил ряд: 1 – парки; 2 – бульвары; 3 – участки вдоль автомагистралей; 4 – участки в полосе отчуждения основных городских дорог; 5 – в жилых районах города (район малоэтажной застройки).

Виталитетную структуру популяций *A. negundo* изучали в рамках популяционно-демографического подхода [2]. Оценку жизненного состояния локальных популяций *A. negundo* проводили при помощи интегрального показателя качества популяций  $Q = \frac{1}{2}(a+b) < c$ , оцениваемого по соотношению особей низшего (с), промежуточного (b), высшего (a) классов виталитета. Было проанализировано 1338 шт. особей *A. negundo* из 5 урбоэкотопов в разных онтогенетических состояниях. Все полученные материалы подвергнуты статистическому анализу с использованием специальных программ в пределах пакетов *Excel*, *Statistica* (версия 7) и *Vital* [2].

Система озеленения Хабаровска сформировалась за более чем полуторавековой период становления города. В озеленении дальневосточных поселений *A. negundo* активно высаживали в 1950–1960 гг., поэтому в настоящее время вид является одним из наиболее распространенных городских растений. Практика увлечения быстрорастущими древесными породами привела к тому, что *A. negundo* вместе с интродуцированными видами тополей широко использовался как декоративное растение в озеленении. До настоящего времени в структуре озеленения Хабаровска доминируют пять древесных пород *Populus simonii* Carrière, *Populus balsamifera* L., *Ulmus pumila* L., *Fraxinus mandshurica* Rupr. и *A. negundo*. Быстрый рост, высокая пылеудерживающая способность вида, нетребовательность к почвенным условиям и доступность посадочного материала определили массовое использование *A. negundo* в зелёном строительстве. Наиболее активно *A. negundo* использовали в озеленении городских улиц, бульваров, парков, дворовых территорий и санитарно-защитных зон предприятий. Вид обычен во внутриквартальном озеленении, часто встречается во внутригородских рекреационных лесопарковых зонах, в старых садах-скверах. В отсут-

<sup>1</sup> См. <http://www.theplantlist.org> (дата обращения: 12.02.2021).

ствии конкуренции с другими видами *A. negundo* активно осваивает сорные места, свалки, пустыри, районы жилой застройки. Вид встраивается в ценотически незамкнутые сообщества парков, внедряется в растительные группировки на сбитых техногенных участках, где численность его локальных популяций возрастает, конкурирует с семенным подростом *F. mandshurica* и *U. pumila* по обочинам дорог, трамвайных и железнодорожных путей.

В пределах вторичного ареала вид высоко инвазивен и способен натурализоваться, проявляя тенденцию к расселению [1]. *A. negundo* обладает широким диапазоном адаптаций к местообитаниям за счёт высокой толерантности к дефициту почвенной влаги и плодородию почвы, умеренно устойчив к затоплению, обладает высокой скоростью роста, светолюбием, неприхотливостью к почвенным условиям, адаптирован к низким температурам [3], что делает возможным активное расширение его ареала. В городах растение активно заселяет парки, пустыри, заброшенные пахотные поля, обочины дорог, откосы железных дорог, свалки, часто наблюдается прорастание семян в скоплениях мелкозема на навесах и крышах зданий.

Участие *A. negundo* в озеленении городских бульваров Хабаровска варьирует от 8.1 до 10.6% от общего числа деревьев, в структуре линейных насаждений автомагистралей его доля колеблется от 4.2 до 5.4%, немного снижаясь на периферии города, а вдоль основных проездов по городу его участие возрастает до 12.3%. В прошлом растение активно использовали для внутриквартального озеленения, в настоящее время в среднем до 13% деревьев представлены *A. negundo*. В парковых ценозах Хабаровска *A. negundo* входит в число доминирующих видов наряду с *P. simonii*, *P. balsamifera*, *U. pumila*, *F. mandschurica* и составляет около 7.11% от числа всех произрастающих древесных растений. Причем отмечен устойчивый рост его участия в парках. Например, за период с 2006 по 2016 г. в парке Динамо (ООПТ местного значения Хабаровска) численность *A. negundo* увеличилась в 1.5 раза за счёт активного естественного возобновления популяции, где доля молодых растений семенного происхождения составила около 54.0%.

Растение встраивается в городские фитоценозы и растительные группировки в парках, сорничает в уличных посадках, формируют спонтанные заросли на пустырях, свалках, заброшенных дорогах и техногенных участках. Наиболее высокая плотность произрастания самовозобновляющихся популяций *A. negundo* отмечена на откосах автомобильных дорог, где число проростков и молодых растений составляло 100 шт./м<sup>2</sup>. В городских парках (участки без систематического скашивания) также наблюдается активное естественное возобновление *A. negundo* – в среднем до 75 шт./м<sup>2</sup>. На железнодорожных откосах с щебнистым настилом на технической полосе отвода формируются практически чистые заросли вида, а плотность его популяций составляет 40 шт./м<sup>2</sup>. В селитебных районах города, где на неухоженных газонах формируются рудеральные сообщества с участием *Poa annua* L., *Festuca pratensis* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Achillea asiatica* Serg., *Polygonum aviculare* L., *T. officinale*, плотность *A. negundo* составляет в среднем до 20 шт./м<sup>2</sup>.

На территории городов встречается много свободных экологических ниш, но их занятие требует от растений особых свойств – высокой пластичности и изменчивости, т.е. способности произрастать в неблагоприятных условиях. Выживание растений в такой нестабильной среде, где на первый план выдвигаются абиотические экологические факторы и стрессы, возможно на основе эффективных онтогенетических адаптаций. Совокупность частных адаптаций и видо-

вых адаптивных комплексов составляет стратегию защиты растений, обеспечивающих выживание их популяций под влиянием урбанизации. Фенотипическая пластичность выступает основным компонентом успеха инвазии вида за счет высокой приспособленности растений по сравнению с местными видами и обуславливает дифференциацию популяционной структуры вида.

Структура популяции вида и ее изменение являются показателями устойчивости растений в стрессовых условиях среды [5]. Урбанизация приводит к дифференциации популяционной структуры и изменяет соотношение растений разных виталитетных групп. Расчленение континуума растений разного виталитета [2] на три размерных класса (высшие, промежуточные, низшие) показало высокую информативность данного подхода для изучения ответных реакций также и у инвазионных растений других жизненных форм на влияние комплексного урбанизированного градиента.

Оценка жизненного состояния отдельных особей позволила определить виталитетную структуру популяций *A. negundo* на каждой ступени комплексного урбанизированного градиента в ходе онтогенеза. Виталитетный состав интродукционных *A. negundo* в разных онтогенетических состояниях оказался неодинаковым и был обусловлен воздействием эколого-ценотических факторов. Индекс качества популяций *A. negundo* находился в амплитуде от 0.5 до 0,166, меняясь по градиенту урбоэкотопов в 2,9 раз.

Вид обладает высокими показателями жизнестойкости в разных эколого-ценотических условиях города. На ранних стадиях онтогенетического развития [im] сформировались процветающие популяции *A. negundo* во всех вариантах урбанизированного градиента, индекс качества популяции варьировал от 0.500 до 0.381. Процветающий тип популяций сохранялся в иматурном состоянии также для всех популяций изучаемого вида по градиенту экотопов, за исключением популяции *A. negundo* в парке. Здесь в условиях сильного затенения и конкуренции с другими видами отмечен депрессивный тип популяции, который устойчиво сохранялся, начиная с виргинильного и до старого генеративного онтогенетического состояния. По нашему мнению, это свидетельствует о высокой пластичности вида, сочетании разных жизненных стратегий в зависимости от условий местопроизрастания.

При техногенных нагрузках (линейные магистральные древесные посадки) в виргинильном ( $Q = 0.379$ ) и молодом генеративном состояниях сохраняется процветающий тип популяций *A. negundo* ( $Q = 0.388$ ), а в средневозрастном генеративном состоянии виталитет популяций снижался ( $Q = 0.333$ ), формировались популяции равновесного типа. Популяции *A. negundo* депрессивного типа в старом генеративном состоянии имели низкое качество (0.167).

Изменение качества популяции *A. negundo* в посадках вдоль основных городских проездов в целом сходна с картиной изменения виталитета популяции *A. negundo* из магистральных посадок. Индекс качества популяции изменялся следующим образом: в иматурном состоянии 0.422 (процветающий тип) – в молодом генеративном 0.352 (процветающий тип) – в зрелом генеративном 0.333 (равновесный тип) – в старом генеративном 0.166 (депрессивный тип).

Во внутриквартальном озеленении города, где высока доля рекреационных нагрузок на растительность, с возрастом быстро снижается качество популяции *A. negundo*. В иматурном и молодом генеративном состояниях популяциях сохраняют относительно высокое жизненное состояние, тип их популяций относился к процветающему типу (индекс качества популяции 0.472 и 0.374 соот-

ветственно), на более поздних стадиях онтогенеза формируются депрессивные популяций (0.285, 0.3 соответственно).

На городских бульварах в условиях одиночного и группового произрастания *A. negundo* показывает высокие характеристики виталитета. Начиная от иматурного до зрелого генеративного состояния, популяции вида относились к процветающему типу виталитета и демонстрировали высокое качество. На поздних стадиях онтогенеза (старые генеративные) сформировались депрессивные популяции вида.

Из пяти изученных экотопических популяций *A. negundo* три (на бульварах, магистральных посадках, и посадках вдоль основных городских проездов), в соответствии с результатами виталитетного анализа, можно рассматривать как существующие в условиях относительного экологического оптимума. Во внутриквартальных посадках и в условиях затенения в парке деревья имели угнетенный вид (крона редкая, снижается облиственность, наклонные формы деревьев), качество их популяции снижалось.

В целом вид показал высокий уровень адаптаций к урбанизированной среде, сохраняя уровень пластичности и изменчивости в онтогенезе в широком диапазоне, что помогает ему активно сохранять свои позиции в городской среде и устойчиво заселять новые территории.

В условиях возрастающей антропогенной нагрузки становится актуальным исследование адаптаций растений различных жизненных форм к условиям урбанизированной среды. На ухудшение условий произрастания инвазионные растения, проявляя высокие стрессоустойчивые свойства, реагировали изменением виталитетной структурой популяции в ходе онтогенеза. Индекс качества популяций *A. negundo* находился в амплитуде от 0.5 до 0.166, меняясь по градиенту урбанизации в 2,9 раз. Популяций *A. negundo*, произрастающие на городских бульварах, в магистральных посадках и посадках вдоль основных городских проездов, по данным виталитетного анализа, можно рассматривать как существующие в условиях экологического оптимума. Популяционные методы исследований необходимо рекомендовать для включения в программы мониторинга состояния растительности на урбанизированных территориях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Виноградова Ю.К., Куклина А.Г.* Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М.: Геос, 2012. 186 с.
2. *Злобин Ю.А.* Популяционная экология растений: современные тенденции, точки роста. Сумы: Университетская книга, 2009. 263 с.
3. *Костина М.В., Минькова Н.О., Ясинская О.И.* О биологии клёна ясенелистного в зелёных насаждениях Москвы // Рос. журн. биол. инвазий. 2013. № 4. С. 32–43.
4. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем, 2012. 488 с.
5. *Морозова Г.Ю., Злобин Ю.А., Мельник Т.И.* Растения в урбанизированной среде: формирование флоры, ценогенез и структура популяций // Журн. общ. биол. 2003. № 64(2). С. 166–180.

---

---

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ЦЕНОТИЧЕСКОЕ  
РАЗНООБРАЗИЕ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВДОЛЬ ТРАССЫ БАМ****Огуреева Г.Н.***Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,  
Россия***SPATIAL ORGANIZATION AND CENOTIC DIVERSITY OF MOUNTAIN  
ECOSYSTEMS ALONG THE BAIKAL-AMUR RAILWAY (BAM)****Ogureeva G.N.***Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

**Abstract.** The geography of the botanical diversity of the mountains is revealed on the basis of the concept of the ecosystem organization of the biosphere, which is the basis of the map "Biomes of Russia". A comprehensive ecological and geographical approach is used to interpret the data when assessing the structure and biodiversity of biomes. The Baikal-Amur railway crosses 5 mountain biomes. A certain altitude-belt structure of the vegetation cover, in which the spatial coupling of plant communities is controlled by environmental factors, is characteristic of each mountain biome. The organization of the vegetation cover is manifested in its territorial divisions – phytocenochores. Phytocatenes and their exposure combinations determine the structure of the vegetation cover of the high-altitude belt, first of all. As an example, the characteristic of the structure and ecosystem diversity of the Kodar-Kalar variant of the Northeast-Trans-Baikal regional biome is given.

Горы известны своим уникальным биоразнообразием, природа которого во многом определяется широким спектром биотопов и связанных с ними флористических и ценотических комплексов различного возраста, происхождения, а также большей сохранностью естественных экосистем по сравнению с равнинами. География ботанического разнообразия гор раскрывается на базе концепции экосистемной организации биосферы, положенной в основу карты «Биомы России». При оценке биоразнообразия биомов использован комплексный эколого-географический подход к интерпретации данных, который находит успешное применение при сопряженном анализе структуры растительного покрова как основного системообразующего компонента биома и его экосистемного разнообразия.

**Оробиомы-I** порядка как экологические подразделения планетарного уровня включают взаимосвязанные **биомы регионального уровня** и как элементарные – **экосистемы топологического уровня**. В соответствии с высотным градиентом биоклиматических условий в горах формируется высотно-поясная структура растительного покрова. Растительность характеризует специфику экосистем через флористическое и ценотическое разнообразие и является определенной мерой экологического потенциала регионов.

Для каждого регионального биома характерна своя определенная структура растительного покрова (тип поясности – высотный пояс – внутри-поясные комбинации сообществ), в которой пространственное сопряжение сообществ контролируется факторами среды. В структуре биома ведущие позиции занимают климатипы растительных сообщества поясов, которым сопутствуют эдафические, топологические, редкие и уникальные экосистемы, существующие при

---

---

определенном соотношении тепла и влаги. Они взаимосвязаны в едином высотном-поясном комплексе экосистем, отражая, в целом, положение оробиома в системе зональных и региональных особенностей биогеографических подразделений биосферы.

Организация растительного покрова, или его структура, проявляется в его территориальных подразделениях – **фитоценохорах** (территориальных единицах надфитоценоотического уровня), которые определяют устойчивость и оптимальное пространственное сопряжение разных по статусу экосистем каждого высотного пояса. Территориальные единицы определенного иерархического уровня связаны едиными топо-экологическими, эколого-генетическими рядами с характерным составом сообществ, их количественным соотношением и расположением относительно друг друга (рисунком комбинации). В ряду хорологических единиц горных биомов наиболее значимы **мезокомбинации**, которые представляют собой закономерно повторяющееся чередование однородных растительных сообществ и микрокомбинаций, связанное с формами мезорельефа, где сопряженность растительных компонентов обусловлена, в первую очередь, орографией. К ним относятся: *мезокомплексы; мезопоясные ряды сообществ (фитокатены, эрозионные ряды на горных склонах и др.); совокупности серий; экспозиционные сочетания фитокатен*. Определяют структуру растительного покрова высотного пояса, прежде всего, фитокатены и их экспозиционные сочетания.

В основе выделения **фитокатен** лежит концепция стоково-геохимических серий ландшафтов [2] и развития склонов [1]. Фитокатена рассматривается как единая пространственно-динамическая система сообществ горного склона. Метод фитокатен заключается в сопряженном изучении сообществ по профилю горного склона, связанных единым потоком вещества и энергии, от верхних (элювиальных) местоположений, проходя через транзитную зону к базисным поверхностям денудации или эрозии [4]. Растительные сообщества распределяются в соответствие со структурой склонов, занимая определенные позиции на элювиальной, транзитной и аккумулятивной его частях. Неоднородность и интеграция элементарных экосистем склонов в пределах фитокатен векторная и возникает в результате согласованного, однонаправленного изменения нескольких взаимосвязанных факторов среды (перенос вещества вниз по уклону склона и богатство почв, дренированность, увлажнение, засоление, снежность, механический состав почв и пр.). **Экспозиционные сочетания фитокатен** определяют структуру высотного пояса. Инструментом анализа пространственного распределения растительных сообществ в комбинациях экосистем служат геоботанические карты и материалы дистанционного зондирования Земли.

Трасса БАМ пересекает обширную труднодоступную и крайне неравномерно изученную в ботанико-географическом отношении территорию, проходя через пять оробиомов Байкало-Джугджурской природной области [50, 51, 54, 55, 63], которые отражают структурно-генетические особенности горных экосистем (рис.).

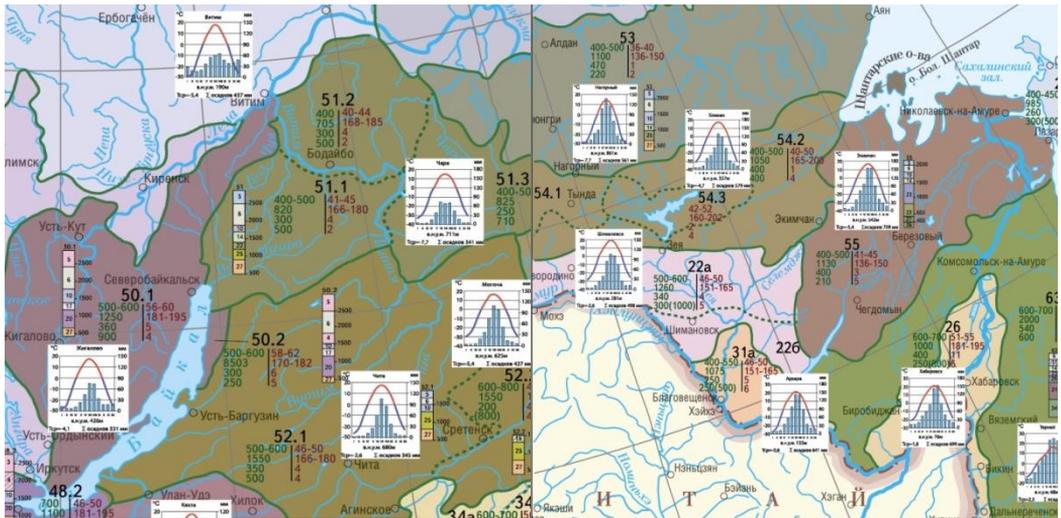


Рис. Фрагмент карты «Биомы России». 2018. М.: 1: 7 500 000.

Оробиомы Байкало-Джугджурской и Амуро-Сахалинской природных областей:  
 50 – Прибайкальско-Момский, 51 – Северовосточно-Забайкальский, 54 – Янканско-Джагдинский, 55 – Южноохотский, 63 – Сахалино-Сихотэ-Алиньский

В качестве примера можно привести Кодаро-Каларский вариант Северовосточно-Забайкальского оробиома [51, рис.1]. Его растительный покров формируется в условиях выраженной высотно-поясной дифференциации субширотно вытянутых горных хребтов в пределах высот 400–3000 м над ур. м. Континентальный холодный климат с выраженной высотной дифференциацией параметров тепло- и влагообеспеченности определяют биоклиматические условия сложившегося спектра высотных поясов растительного покрова: гольцово-тундровый–подгольцовый–горнотаежный. Определяет высотно-поясной спектр биома горнотаежный пояс с господством лесов ангаридского географо-генетического комплекса формаций [5]. Преобладают лиственничные (*Larix gmelinii*) леса, занимающие горные склоны на высотах 550–1100 м. Сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila*), ерников (*Betula middendorffii*, *B. exilis*), кустарничково-моховых (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Ledum palustre*) лиственничных (*Larix gmelinii*) лесов имеют катенарное распределение на горных склонах, образуя экспозиционные сочетания фитокаATEN на разных участках горнотаежного пояса. Сосновые леса занимают нижнюю полосу горнотаежного пояса (600–700 м), что во многом определяется их приуроченностью к межгорным котловинам (Верхнеангарская, Муйско-Куандинская, Чарская) биома в целом. Сосновые травяные и кустарничково-лишайниковые леса широко развиты на мощных песчаных отложениях днищ котловин, где образуют мезокомбинации с ерниками, лугами и травяными болотами. На верхнюю границу леса (1100–1200 м) выходят лиственничные разреженные леса, образуя сложные экспозиционные сочетания с сообществами березовых редколесий (*Betula lanata*) и кедрового стланика (*Pinus pumila*). Кедровый стланик создает основу подгольцового пояса на высотах 1130–1330 м, для которого характерны экспозиционные сочетания фитокаATEN с сообществами ерников (*Betula divaricata*, *B. exilis*), ольховника (*Alnus fruticosa*), рододендрона (*Rhododendron aureum*) и луговин. Кустарничковые (*Ledum decumbens*, *Rhododendron aureum*, *Cassiope ericoides*, *Empetrum nigrum*, *Dryas punctata*, *Salix berberifolia*) и мохово-лишайниковые тундры тяготеют к высотам, начиная с 1400 до 1600–1800 м. В растительном покрове горных тундр развиты

литосерийные ряды различного состава. Гольцовый пояс выражен фрагментарно и приурочен к гребням наиболее высоких хребтов (порядка 3000 м) с отдельными пятнами мохово-лишайниковых тундр, куртин накипных лишайников на каменистых развалах, местами с фрагментами альпинотипных луговин.

Флористическое разнообразие оробиомов характеризуется выраженной высотно-поясной дифференциацией, а также региональными особенностями каждого оробиома. Флористическое богатство в целом наиболее высокое в Сахалино-Сихотэ-Алиньском биоме и составляет порядка 2000 видов сосудистых растений, на градиенте океан–континент оно постепенно убывает при движении к западу. В Северовостоchno-Забайкальском биоме флора включает около 1200 видов сосудистых растений, но в Прибайкальско-Момском биоме возрастает до 1900 видов, что в значительной мере связано с влиянием озера Байкал на местный климат. Уровень флористического богатства в пересчете на площадь в 100 км<sup>2</sup> варьирует от 450 до 600–700 видов [3]. Выражена неоднородность высотных поясов по уровню видового богатства. В горнотаежном поясе встречается порядка 600 видов, флористическое богатство подгольцового пояса редколесный и кедрового стланика составляет более 650 видов, в горнотундровом поясе произрастает 350–470 видов, гольцовый пояс, флористически наиболее бедный, насчитывает порядка 100 видов сосудистых растений. В целом, по высотному градиенту происходит уменьшение флористического разнообразия, выраженное как в сокращении общего числа видов, так и в уменьшении видовой насыщенности высотно-поясных подразделений.

Изучение высотно-поясной структуры биомов дает возможность получить необходимую сравнительную информацию о географии видов и экосистем различных рангов с выявлением фоновых, редких и уникальных ботанических объектов в пределах поясов и типов поясности в целом. Она может быть хорошей базисной основой для проведения инвентаризационных работ по оценке флористического (альфа) ценотического (бета) и экосистемного разнообразия гор.

Знание пространственной структуры растительного покрова представляет собой необходимый шаг в понимании глубинных процессов, управляющих функционированием экосистем. Анализу трехмерной структуры растительного покрова горных территорий способствует развитие новых технологий, в т. ч. методов картографирования, дистанционного зондирования, которые дают возможность получения важной информации о структуре и динамике растительного покрова, реакции растительности на изменение климата и других условий среды обитания, особенно устойчивости почво-грунтов в условиях многолетней мерзлоты и ее динамики, что необходимо для мониторинга состояния горных экосистем и разработки стратегии их охраны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскресенский С.С. Динамическая геоморфология. М: Из-во МГУ, 1971. 229 с.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и антропогенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
3. Малышев Л.И. Флористическое богатство СССР //Актуальные проблемы сравнительного изучения флор. СПб.: Наука, 1994.С. 34–87.
4. Огурева Г.Н. Структурно-динамические категории в растительном покрове горных территорий //Бюл. МОИП, отд. биол. 1994. Т. 99. Вып. 2. С. 76–85.
5. Сочава В.Б. Географические аспекты сибирской тайги. Новосибирск: Наука, 1980. 255 с.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ДВАДЦАТИЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ПОЛУВОДНЫХ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В БАССЕЙНЕ Р. ДУРМИН****Олейников А. Ю.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия***TWENTY YEARS MONITORING OF SEMIQUATIC PREDATORY MAMMALS IN THE DURMIN RIVER BASIN****Oleynikov A. Yu.***Institute for Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** Long-term observations of the populations of semi-aquatic predatory mammals were conducted at a stationary site (Durmin River) in the south of Khabarovsk Krai for 21 years. The method of census to identify individual home range was improved. We analyzed data from otter and American mink censuses. The average population density of the two species differed by an order to 1,6 individuals /10 km for otters and 1,6 individuals /1 km for minks. Trapping pressure increased the range of density fluctuations. After trapping ceased, otter abundance increased and reached a 'plateau'. There was a weak negative correlation between population densities of the two species semi-aquatic mammals.

Долговременные наблюдения в природных комплексах позволяют выявить основные тенденции и причины происходящих изменений. Поскольку полуводные хищные млекопитающие являются хорошим индикатором состояния водных экосистем мониторинговые наблюдения позволяют следить за их качеством и изменении во времени. Это первое подобное исследование для территории Дальнего Востока России.

Целью настоящей работы был анализ данных учетов выдры и норки, выполненных на стационарном участке, расположенном на среднем Сихотэ-Алине, сделана попытка выявить долговременную динамику плотности населения полуводных млекопитающих и оценить влияние естественных и антропогенных факторов на изменение плотности. Обобщен накопленный опыт выполнения учетных работ и эффективность метода учета по индивидуальным участкам.

Исследования выполнены с 2000 по 2021 гг. в бассейне р. Дурмин, расположенной в среднегорьях западного макрослона Сихотэ-Алиния (Хабаровский край N 47°54.75', E 136°0.91'). Территория стационарного участка имеет статус охотничьих угодий (рис. 1).

Общая площадь участка стационара 195 км<sup>2</sup>. Протяженность речной сети 45 км. Для бассейна реки характерна высокая лесистость берегов, наличие заломов и хорошие защитные условия для полуводных хищников. Питание реки преимущественно атмосферное, водотоки имеют горный характер. Максимум осадков приходится на вторую половину лета (июль–август). Минимальный сток наблюдается в зимнюю межень. Водность летнего и зимнего сезонов различаются значительно. Лёд устанавливается в первой-второй половине ноября, а разрушается во второй – третьей декаде апреля (продолжительность ледового периода около пяти месяцев).

Применялся метод учета, основанный на выявлении индивидуальных участков зверей по следам на снегу [1, 2]. Различия в размерах отпечатков использовались для индивидуального распознавания соседствующих особей и

определения половозрастных характеристик [3, 4]. Наиболее подходящие промеры отпечатков выдры – это полная длина следа и ширина пятки задней лапы. При проведении работ выполнялось картирование маршрута в дневнике и регистрация географических координат обнаруженных следов. Также записывался трек с использованием навигатора. Протяженность маршрутов составляла от 5 до 15 км в день, весь учет занимал 3–5 дней. В некоторые годы маршруты проходили повторно для повышения достоверности учета. Учёт проводили во второй половине ноября – начале декабря и в конце февраля – марте. В некоторые годы учёт выполняли дважды: в начале и в конце зимнего сезона. Учёты численности выдры проведены автором в течение 21 зимнего сезона, для норки период составил 19 лет, его результаты представлены на рисунке 2.



Рис. 1. Район исследований

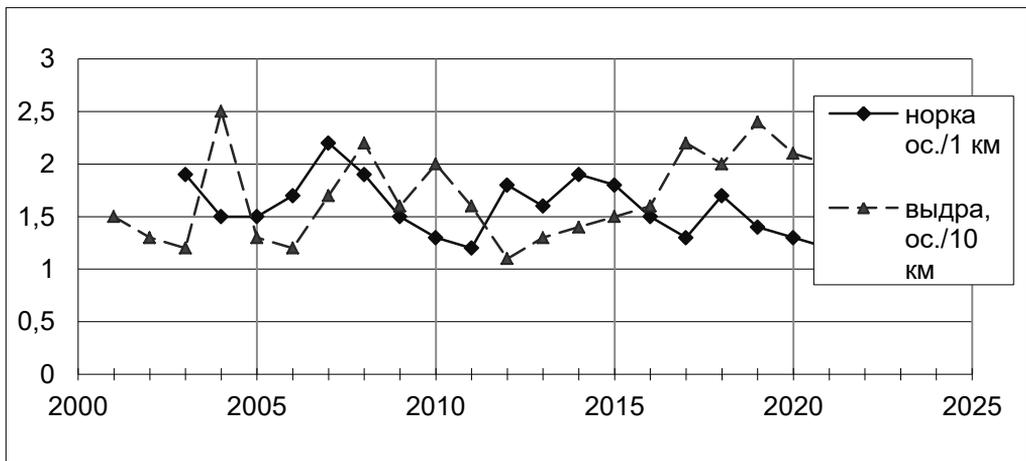


Рис. 2. Плотность населения выдры и норки американской на р. Дурмин

На участке стационарных наблюдений плотность населения выдры за годы наблюдений колебалась от 1,1 до 2,5 особи на 10 км русла (рис. 3). Для норки этот показатель изменялся от 1,2 до 2,2 особи на 1 км русла. Различия медианных значений составили ровно один порядок (1,6 особи на 10 км русла для выдры и 1,6 особи на 1 км русла для норки). При пересчете на площадь бассейна р. Дурмин средняя плотность населения выдры – 2,5 особ./100 км<sup>2</sup>, норки американской – 32,9, особ./100 км<sup>2</sup>. Следует отметить, что протяженность пригодных для жизни долин рек в период учета для норки составила 40,0 км, а для выдры – 30,8 км.

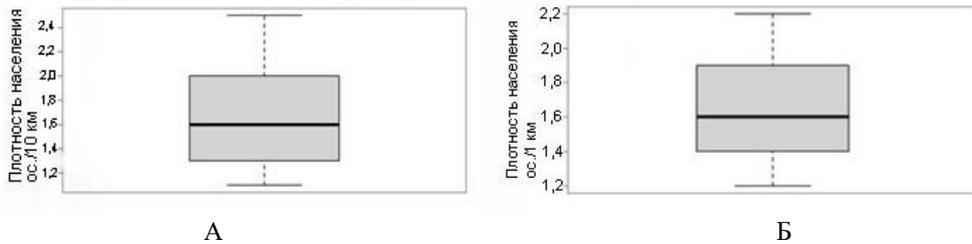


Рис. 3. Диаграмма размаха данных (sd, max–min, mediana) плотности населения выдры (А) и норки американской (Б)

В годы, когда на участке наблюдений велся промысел полуводных хищных млекопитающих (2000–2011), наблюдался наибольший размах колебаний плотности населения, достигавший 100%. После прекращения отлова выдр показатель плотности населения рос в течение пяти лет и затем снова начались колебания с небольшим размахом, что можно считать выходом на плато и стабилизацией показателя с достижением оптимальной численности без воздействия промысла. Плотность населения стабилизировалась на уровне 2,0–2,1 особ./10 км русла реки, что является оптимальной плотностью для данных условий, о чем мы предполагали ранее [5]. Для норки промысловый пресс был значительно ниже. Промысловое изъятие не влияло на численность и прирост популяции ( $r_s=0.23$ ,  $p \leq 0.05$ ;  $r_s=0.11$ ,  $p \leq 0.05$ ). Максимальное промысловое изъятие за годы наблюдений составило чуть более 20%. Поскольку норки довольно лабильны, свободные участки быстро замещались особями из бассейнов соседних рек и живущих ниже по течению. После прекращения изъятия тренд показывает снижение плотности населения по мере роста численности выдры.

Была обнаружена слабая отрицательная корреляция плотности населения норки от плотности населения выдры на р. Дурмин ( $p = 0.04$ ,  $\text{cor} = -0.4476664$ ). Вероятно, эта зависимость увеличивается с ростом населения выдры. Тенденции изменения плотности двух видов оказались отрицательными. Предполагаем, что при высокой плотности населения двух видов обостряется трофическая и территориальная конкуренция и выливается она в доминировании более крупной выдры. Сравнение динамики плотности населения выдры и норки американской с годовым количеством осадков не показало значимой корреляции ( $r = 0.4$ ;  $p = 0.7$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплов В. П. Количественный учет выдры, соболя, куницы и мелких представителей семейства куньих // Методы учета численности и географическое распределение наземных позвоночных. М.: АН СССР. 1952. С. 165–172.

- 
- 
2. *Терновский Д. В.* Количественный учет норки и выдры // Тр. Окского Гос. заповедника. Вып. 9. 1973. С. 144–161.
  3. *Родиков В. П.* Методика определения пола и относительного возраста выдры в полевых условиях // II Съезд Всес. териол. общества. М.: Наука. 1978. С. 183–184.
  4. *Сидорович В. Е.* Демография выдры // Экология. № 4. 1990. С. 64–69.
  5. *Олейников А. Ю.* Оценка местообитаний и динамика численности околородных млекопитающих в верхнем течении р. Дурмин (р-н им. Лазо, Хабаровский край) // Территориальные исследования: цели, результаты и перспективы: Мат-лы IV региональной школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН – ДВГСГА. 2007. С. 151–154.

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА  
НА КОРПОРАТИВНЫЙ УЧЕТ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭКСПОРТЕРОВ ДРЕВЕСИНЫ****А.М. Орлов<sup>1,2</sup>, В.В. Чаков<sup>1</sup>, О.С. Громыко<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
dvniih@inbox.ru*<sup>2</sup>*Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства,  
Хабаровск, Россия***IMPACT OF CHANGES IN FORESTRY LEGISLATION ON CORPORATE  
ACCOUNTING OF TIMBER EXPORTING ENTERPRISES****A.M. Orlov<sup>1,2</sup>, V.V. Chakov<sup>1</sup>, O.S. Gromyko<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Institute of water and ecological problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia  
dvniih@inbox.ru*<sup>2</sup>*Far Eastern Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The concept of the corporate accounting is introduced in relation to the Federal Law of December 28, 2013 No. 415-FZ “On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation and the Administrative Offences Code of the Russian Federation” and the Federal Law of February 4, 2021 No. 3-FZ “On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation aimed at improving the legal regulation of forest relations” for wood exporter enterprises in the modern conditions of the Russian economy. This paper shows the feasibility of corporate accounting actions of enterprises to their upper depots, enabling the timber industry enterprises of the Khabarovsk and Primorsky Territories to adapt promptly to changes in forest legislation.

Понятие «корпорация» подразумевает добровольное объединение крупных организаций, целью интегрированных усилий которых является получение прибыли в большем объеме для каждого члена корпорации, чем прибыль, которую они получали бы по отдельности. Как организационно-правовая форма в современном законодательстве — это понятие, не существует, но тем не менее получило широкое распространение в виде холдингов и финансово-промышленных групп.

Группирование фирм в высокоразвитой рыночной экономике имеет два вида: а) группирование крупных фирм-олигополистов, называемым олигополистическим группированием и б) группирование ряда мелких и средних фирм вокруг крупной – предпринимательское группирование. Предпринимательские группы представляют собой сеть имущественных и контрактных отношений между крупной фирмой-олигополистом и мелкими и средними компаниями.

Интеграция предприятий в рамках такого образования чаще всего вертикальная. Применительно в экономике России, к группированию фирм следует отнестись осторожно, из-за того, что неразвитость рыночных отношений и конкуренции может усугубиться в результате интеграционных процессов, особенно на локальных рынках. Следующее за группированием фирм изменение масштабов производства происходит в нескольких формах: интеграция, диверсификация и конгломерация. В нашем случае наибольший интерес представляет интеграция – это объединение технологически однородных производств (горизонтальная интеграция), или производств, образующих единую технологическую

цепочку, начиная от добычи сырья и заканчивая производством конечных продуктов (вертикальная интеграция) [1].

Корпоративный учет – это сбор и анализ информации по движению сырья, материалов, готовой продукции в количественном и стоимостном наполнении, с целью оптимизации доходов-расходов и принятия управленческих решений. Термин часто используется не только применительно к большим объединениям, но и для отдельных организаций. Корпоративный учет тесно увязан с бухгалтерской отчетностью, но во многих случаях ведется только для «внутреннего пользования».

В настоящее время в этой сфере используется большое количество программных продуктов:

- «СофтСервис: Лесозаготовительное и лесоперерабатывающее предприятие», «Проконт: Учет движения лесного сырья на предприятиях», «Novigato: Учет вывозки круглого леса»;
- различные модули учета лесопродукции бренда «1С-Бухгалтерия»;
- корпоративные системы электронного документооборота интегрированные с 1С «Диадок», «Е1 Евфрат», «DocsInbox» и т.д.;
- «Мое дело: Интернет бухгалтерия для малого бизнеса»;
- собственные программы, разработанные в «EXCEL».

В условиях Дальнего Востока свыше 90% лесопродукции вывозится в сортиентах. На предприятиях, как основной элемент корпоративного учета, в подавляющем большинстве случаев для поштучного определения объема заготовленной древесины используется п. 5.5 «Метод таблиц объемов» по ГОСТ 32594-2013 [2]. На рисунке 1 представлен процесс определения объема сортиента в момент погрузки на лесовоз.

Гораздо реже, для поштучного учета, применяется (рис. 2) п. 5.6 «Метод концевых сечений» по ГОСТ 32594-2013 [2]. Используется этот метод, в основном при наборе специальных партий древесины, предназначенных для экспорта в Японию или Ю. Корею. Другие, в основном групповые методы измерений, применяются преимущественно только для промежуточного контроля внутри организации, но не для реализации и бухгалтерского учета.

Разработчики Федерального закона от 28.12.2013 г. № 415-ФЗ "О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях" [3] и Федерального закона от 04.02.2021 г. № 3-ФЗ "О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования лесных отношений" [4] постарались максимально учесть сложившуюся систему учета на различных предприятиях, которая естественно существовала и до принятия этих законов. Идеология этих нормативных документов предусматривает учет древесины, как операцию, производимую один раз, до момента вывозки с лесосеки, а далее все действия укладываются в существующий на предприятии алгоритм, включая ежедневный баланс прихода-отпуска лесопродукции на нижнем складе. После принятия 3-ФЗ добавилось обязательство заносить эти данные в Единую государственную автоматизированную информационную систему учёта древесины и сделок с ней (ЛесЕГАИС) – ведение балансового учета в местах складирования древесины.

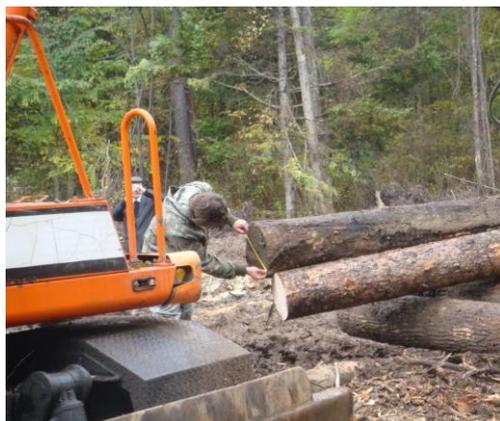


Рис. 1. Определение объема заготовленной древесины по верхнему диаметру в Мухенском лесничестве Хабаровского края



Рис. 2. Определения объема заготовленной древесины по методу конечных сечений в Сукпайском лесничестве Хабаровского края

На практике проявились две особенности корпоративного учета.

Первая особенность – стороны по сделке с древесиной не проставляют дату начала действия договора или определяют эту дату отдельным соглашением (в зависимости от степени доверия между контрагентами). Формальная дата сделки отличается от фактической и зависит от даты и места отчуждения древесины. Делается это для того, чтобы не иметь обязательств заносить информацию по сделке в ЕГАИС, так как пяти дней часто недостаточно для согласования множества нюансов и возможных проблем при исполнении договора.

Вторая особенность является частным случаем первой, но получила наибольшее распространение, поэтому отмечена отдельно. В настоящее время, независимо от фактического места отчуждения лесопроductии (например, на лесосеке), формально («по документам») местом передачи является склад покупателя или площадка экспортера. Делается это из тех соображений, чтобы собственник-заготовитель являлся перевозчиком древесины, так как в этом случае покупателю-потребителю не требуется вносить информацию по сделке в ЕГАИС при удаленности от места доступа к интернету, оформлять сопроводительные документы и нести ответственность за возможные ошибки.

Также существует предложение по технической оптимизации процесса учета древесины. В связи с этим, в поселке городского типа Хор, Хабаровского края по инициативе Минпромторга России производились опытно-производственные испытания радиочастотных меток для маркировки древесины ценных пород ясеня и дуба.

Цель испытаний: проверка на считываемость и ударопрочность радиочастотных меток двух различных производителей.

Программа испытаний:

- определение мест маркировки круглых лесоматериалов;
- определение эффективности поштучной и групповой идентификации в местах складирования лесоматериалов;
- определение работоспособности меток на лесоматериалах, прошедших цикл перемещения, механических воздействий при выравнивании, погрузки, разгрузки;

- определение эффективности поштучной и групповой идентификации лесоматериалов, находящихся в железнодорожных полувагонах, открытых платформах, автотранспорте.

Для поштучной идентификации меток использовались переносные считывающие устройства различной мощности излучения.

Для и групповой идентификации стационарные излучатели и приемные антенны устанавливались на габаритную рамку, через которую протягивались железнодорожная открытая платформа, железнодорожный полувагон (рис. 3), автолесовоз с прицепом (рис. 4).

Замеры производили представители организаций-производителей ПАО «Микрон» и АО «ИМЦ Концерн «Вега». При испытаниях присутствовали МВД России, Минприроды России, ФТС России, Рослесхоза, Хабаровской таможни.



Рис. 3. Определение считываемости информации с радиочастотных меток, закрепленных на древесине, загруженной в железнодорожный полувагон



Рис. 4. Определение считываемости информации с радиочастотных меток, закрепленных на древесине, загруженной в автолесовоз

Таким образом, можно констатировать, что изменения в лесном законодательстве, касающиеся учета лесопродукции, практически не привели к изменению существующих схем корпоративного учета предприятий. Потребовались лишь некоторые корректировки и появилась необходимость работы с ЛесЕГА-ИС. То есть существующая, объективно сложившаяся, эффективная система корпоративного учета на предприятиях без дополнительных сложностей адаптируется к исполнению требований лесного законодательства. Однако точка корпоративного учета предприятий перенесена на верхний склад.

По результатам эксперимента сформулированы следующие выводы:

- Поштучная идентификация меток показала 100% результат у обоих производителей и может внедряться для учета древесины ценных пород в местах складирования. Как и требуется законодательством в настоящее время, метка будет содержать информацию об отдельном бревне;

- Поштучное считывание в вагоне или лесовозе, как и происходит в настоящее время, может производиться выборочно, только гораздо оперативнее, чем с бумажной метки. Если при проверке, потребуется разгрузка с вагона и раскатка бревен, то поштучное считывание так же будет происходить гораздо быстрее и удобней;

- Метки обоих производителей сохранили свои свойства после испытаний на ударопрочность;
- При перемещении древесины сквозь рамки со стационарными считываемыми устройствами не удалось достигнуть стопроцентного результата, что пока не позволяет рекомендовать радиочастотные метки к применению на пунктах пропуска через границу при перемещении партии древесины в вагоне или лесовозе;
- Предлагается рассмотреть вариант маркировки радиочастотными метками партии древесины, как неотъемлемого элемента электронно-сопроводительного документа. Эта дополнительная метка будет размещаться в верхней части каждой пачки в вагоне или на лесовозе, что обеспечит гарантированное считывание и будет содержать информацию о всех бревнах в пачке с привязкой к электронно-сопроводительному документу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономическая теория. Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В.Д. Камаева. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. 640с. ил.
2. ГОСТ 32594-2013. Межгосударственный стандарт. Лесоматериалы круглые. Методы измерений. М.: Стандартинформ, 2014.
3. Федеральный закон от 28.12.2013 № 415 «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях»//СПС КонсультантПлюс // Опубликовано 30.12.2013 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>
4. Федеральный закон от 04.02.2021 № 3-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования лесных отношений»//СПС КонсультантПлюс // Опубликовано 04.02.2021 на официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>; <http://www.mikron.ru>; <http://www.vega.su>

---

---

## МЕЖДУНАРОДНЫЕ КЛЮЧЕВЫЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

**Пронкевич В.В.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## INTERNATIONAL KEY ORNITHOLOGICAL TERRITORIES OF THE KHABAROVSK KRAI

**Pronkevich V.V.**

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** A list of key areas of the Khabarovsk Territory, which are of international importance for the conservation of bird populations, is provided on the basis of our own data and literary sources. A brief description of the ornithological significance and the conservation status of 19 areas are presented. The major factors determining the formation of increased densities of breeding birds and mass gatherings of migrants are considered.

Идея выявления и сохранения наиболее ценных для птиц территорий была заложена в специальную международную природоохранную программу «Important Bird Areas» (IBA), которая была разработана в 80-х годах прошлого столетия Международным советом охраны птиц (ICBP). В России работы по выявлению и каталогизации важнейших для обитания птиц местообитаний были начаты в 1988 г. К настоящему времени подготовлены пять крупных сводок по ключевым орнитологическим территориям России (КОТР) — «Ключевые орнитологические территории международного значения в Европейской России» (2000 г.), «Ключевые орнитологические территории международного значения в Западной Сибири» (2006 г.), «Ключевые орнитологические территории международного значения в Кавказском экорегионе» (2009) и «Морские ключевые орнитологические территории Дальнего Востока России» (2016 г.). Последний каталог представляет природные акватории Дальневосточного региона России, имеющие международное значение для сохранения популяций только морских птиц. Для обширных территорий Восточной Сибири и материковой части Дальнего Востока предполагается подготовить отдельную сводку по КОТР.

В России выделяется четыре ранга КОТР: всемирного, регионального (общезиатского), федерального (общероссийского) и местного (областного, краевого, республиканского) значений [1]. Первые два ранга соответствуют критериям выделения важных для птиц местообитаний, разработанных международной организацией BirdLife International. Это территории международного уровня значимости — Important Bird Areas (IBA).

К настоящему времени в Хабаровском крае выделено 46 КОТР различного уровня. Среди них 19 территорий соответствуют критериям международного значения [1–4].

Необходимо отметить, что территория Хабаровского края в орнитологическом отношении изучена весьма неравномерно — наиболее полная информация накоплена по южным и центральным районам края. Северные территории являются слабо изученными. Поэтому процесс выделения на них КОТР и определения их статуса продолжается.

*1. Остров Ионы.* КОТР внесена в каталог международных морских ключевых орнитологических территорий Дальнего Востока России. На острове пло-

щадью 16,3 га размножается около 1,3 млн. особей морских птиц 14 видов. Международный статус территории присвоен за счет высокой численности трех видов морских птиц: тонкоклювой и толстоклювой кайр (*Uria aalge*, *U. lomvia*), малой канюги (*Aethia pygmaea*). Остров Ионы и прилегающая к нему акватория имеют статус памятником природы краевого значения

2. *Шантарские острова*. КОТР внесена в каталог международных морских ключевых орнитологических территорий Дальнего Востока России на основании состояния численности трех видов: каменушки (*Histrionicus histrionicus*), очкового чистика (*Cerphus carbo*) и длинноклювого пыжика (*Brachyramphus marmoratus*). Кроме того, на островах существует крупная группировка бело-плечевого орлана (*Haliaeetus pelagicus*), возможно обитание охотского улита (*Tringa guttifer*). Архипелаг вместе с прибрежной акваторией имеет статус национального парка.

3. *Удская губа*. КОТР внесена в каталог международных морских ключевых орнитологических территорий Дальнего Востока России. В 1991 г. в 5 км северо-западнее устья р. Уда была обнаружена колония камчатской крачки (*Sterna camtschatica*) с общей численностью 700–800 особей. Позже обследование территории не проводилось и современное состояние колонии неизвестно. На осушке залива мигрирующие кулики создают скопления численностью в несколько десятков тысяч особей. В приустьевой части р. Уда гнездится исчезающий вид мировой орнитофауны охотский улит. Территория не имеет охранного статуса.

4. *Южная часть залива Тугурский*. На КОТР гнездится исчезающий вид мировой орнитофауны охотский улит. В 1990 г. его численность составляла не менее пяти пар. Позже обследование территории не проводилось. В период летне-осенних миграций на обширной приливно-отливной зоне залива образуются скопления куликов разных видов с общей численностью, превышающей 20 тыс. особей. Территория не имеет охранного статуса.

5. *Западная часть залива Константина*. На территории КОТР гнездится охотский улит. В 1990 г. здесь учитывали не менее 30 пар этого вида. В период летне-осенней миграции численность останавливающихся куликов достигает нескольких десятков тысяч особей. Территория не имеет охранного статуса.

6. *Южная часть залива Ульбанский*. На участке побережья между устьями рр. Сыран и Ульбан гнездится охотский улит. Полная численность размножающихся птиц не установлена. В 2016 г. были отмечены птицы, находящиеся около птенцов. В 1989 г. здесь же были зарегистрированы мигрирующие охотские улиты с численностью до 20 особей. На обширной осушке залива в период миграции регулярно останавливается несколько десятков тысяч куликов. Территория не имеет охранного статуса.

7. *Бухта Нерпичья в заливе Николая*. Территория имеет ключевое значение для размножения охотского улита и его миграционных остановок. В 2010 г. здесь размножалось не менее шести пар этого вида. Кроме того, в период летне-осеннего пролета было отмечено до 150 особей птиц этого вида. Территория имеет статус заказника краевого значения.

8. *Озеро Мухтеля*. Территория отнесена к угольям международного значения на основании обитания здесь длинноклювого пыжика с численностью более 200 особей, наличия миграционных скоплений водоплавающих птиц, превышающих 20 тыс. особей. Территория имеет статус заказника краевого значения.

9. *Коса Нертичь в заливе Николая*. На данной территории предполагается размножение охотского улита. В 2016 г. здесь была отмечена одна пара птиц, находящаяся около выводка. Территория не имеет охранного статуса.

10. *Южная часть залива Николая*. КОТР является местом размножения охотского улита. Полная численность размножающихся птиц не выяснена. Во второй половине июля 2011 г. здесь была отмечена одна пара охотского улита, державшаяся возле птенцов. В период весеннего пролета на приморских лугах останавливается несколько десятков тысяч водоплавающих птиц. Территория не имеет охранного статуса.

11. *Залив Счастья*. КОТР внесена в каталог международных морских ключевых орнитологических территорий Дальнего Востока России. В 1986–1987 гг. на островах, расположенных внутри залива, размножалось около 2000 особей камчатской крачки. К настоящему времени ситуация с численностью этого вида по неизвестным причинам резко изменилась — на заливе размножаются лишь единицы птиц.

В конце прошлого столетия в гнездовой период на разных частях акватории залива учитывали до 100 особей длинноклювого пыжика. Залив Счастья является ключевой территорией всемирного значения для размножения охотского улита и белоплечего орлана. Здесь размножается более 1% птиц от их мировых популяций. В период летне-осенней миграции численность одновременно останавливающихся на заливе куликов превышает 100 тыс. особей. Акватория залива имеет статус памятника природы краевого значения.

12. *Амурский лиман*. В Амурском лимане выделена ключевая орнитологическая территория международного значения на акватории, примыкающей к устью р. Амур и ограниченная следующими географическими пунктами: м. Петах, м. Пронге, м. Нале, м. Оримиф; а также низменность, включающая бассейн нижнего течения р. Корюшка.

В данном районе отмечаются скопления двух видов лебедей (*Cygnus Cygnus*, *C. bewickii*) размером до 40 тыс. особей, среди которых 30 тыс. особей приходится на малого лебедя. Численность одновременно останавливающихся на мелководьях КОТР куликов достигает нескольких десятков тысяч. Территория не имеет охранного статуса.

13. *Бухта Невельского*. КОТР является важной территорией для размножения охотского улита. В 2005–2011 гг. здесь предположительно гнездились 1–2 пары охотского улита. Территория не имеет охранного статуса.

14. *Залив Чихачева*. КОТР является важным местом для обитания трех видов морских колониальных птиц — японского баклана (*Phalacrocorax capillatus*), очкового чистика и старика (*Synthliboramphus antiquus*). В 2001–2006 гг. здесь в среднем размножалось 180–750 особей японского баклана и 2860–3140 особей очкового чистика. В период 2005–2006 гг. численность гнездящегося старика находилась в диапазоне 26400–32400 особей. Небольшая часть территории (о. Устричный) имеет статус памятника природы краевого значения.

15. *Амуро-Амгуньская низменность*. КОТР является важной для обитания белоплечего орлана. Здесь гнездится не менее 50–60 пар этого вида, что составляет около 1,5% птиц от мировой популяции.

16. *Озеро Удыль*. КОТР является крупнейшим в Приамурье резерватом белоплечего орлана, поддерживающим численность не менее 150 взрослых особей, что составляет около 2% от мировой популяции эндемика Дальнего Востока России. Территория имеет статус федерального заказника.

17. *Бассейн оз. Болонь*. Территория является ключевой для миграционных остановок водоплавающих и околоводных птиц. В период сезонных миграций их общая численность превышает 20 тыс. особей. Территория имеет статус федерального заповедника.

18. *Бассейн среднего течения р. Анюй*. КОТР имеет огромное значение для сохранения исчезающего вида мировой фауны, эндемика восточной Азии чешуйчатого крохали (*Mergus squamatus*). Численность мировой популяции в предгнездовой период оценивается в 1937 пар, или 4664 особей, включая неполовозрелых птиц. Большая часть мировой популяции чешуйчатого крохали (85%) гнездится в России [5]. В 2010, 2015 гг. в пределах национального парка «Аньюйский» численность чешуйчатого крохали составляла 50–60 пар, это около 3% от мировой популяции вида. Территория входит в состав национального парка «Аньюйский».

19. *Бассейн среднего течения р. Хор*. В середине мая 2016 г. при обследовании р. Хор и его притоков Сукпай, Чукен, Кафэ, Катэн (всего 440 км) было учтено 123 пары и 157 особей чешуйчатого крохали в составе стай. Это составляет около 9% от мировой популяции вида. Значительная часть территории не имеет охранного статуса. Лишь один из притоков р. Хор – Чукен является крайним заказником.

Значительная часть КОТР международного значения края расположена в Западном Приохотье. Для этих территорий имеется ряд факторов, которые определяют повышенные плотности размножающихся птиц и образование массовых остановок мигрантов. В первую очередь выделяется высокая кормовая продуктивность местообитаний. На морских островах Ионы, Шантарские она определяется интенсивным водообменном – приливными и циклоническими течениями, апвеллингом, гидрологическими фронтами [2]. На материковом побережье зоны максимальной кормовой продуктивности приурочены к крупным морским заливам Удская губа, Тугурский, Константина, Ульбанский, Николая и Счастья. Для этих заливов характерны высокие морские приливы и образование во время отливов значительных площадей осушки (до нескольких километров в ширину), что в сочетании с выносом органического вещества реками создаёт благоприятные условия для развития беспозвоночных животных – кормовых объектов мигрирующих и гнездящихся птиц. Значительную долю кормового рациона птиц-ихтиофагов составляют мигрирующие лососевые породы рыб. Морское побережья является «стартовой» площадкой» для птиц перед броском через обширное морское пространство при пролёте на север и первой «финишной» стацией при миграции к югу. Для большинства морских заливов характерен относительно низкий уровень антропогенной нагрузки и слабая нарушенность природных комплексов. Для внутриматериковых ключевых территорий Западного Приохотья – Амуро-Амгуньской низменности и оз. Удыль также характерна высокая рыбопродуктивность за счет высокой численности оседлых видов рыб и проходных пород лососевых, что определяет высокую численность флагового вида – белоплечего орлана.

Бассейн оз. Болонь выделяется среди других территорий хорошо развитой гидрологической сетью, состоящей из рек средней и малой величины, проток, мелких водоемов, заросших водной и прибрежной растительностью, составляющей основу кормового рациона водоплавающих птиц. Междуречья покрыты обширными, местами непроходимыми травяными и травяно-моховыми болотами.

Для бассейнов среднего течения рр. Анной, Хор характерны относительно высокая рыбопродуктивность, высокая доля в древостое дуплистых деревьев, в основном широколиственных пород, наличие многочисленных перекатов, создающих благоприятные условия для размножения облигатного дуплогнездника — чешуйчатого крохала.

На территории Хабаровского края ключевыми (индикаторными) видами для выделения важнейших для сохранения птиц местообитаний являются японский баклан, охотский улит, камчатская крачка, тонкоклювая и толстоклювая кайры, малая канюга, очковый чистик, длинноклювый пыжик, старик, камешка, чешуйчатый крохаль и белоплечий орлан. Наибольшее количество КОТР (девять) выделено в качестве места размножения глобально угрожаемого вида — охотского улита.

Среди ключевых орнитологических территорий Хабаровского края, имеющих международное значение, охранный статус уже имеют о. Ионы, Шантарские острова, оз. Мухтеля и бухта Нерпичья, оз. Удыль, бассейн оз. Болонь, среднее течение р. Анной. Прочие ключевые территории международного значения либо не имеют охранный статус, либо он недостаточен для сохранения орнитологических объектов. В ближайшее время, вероятно, будет придан охранный статус федерального ООПТ следующим прибрежно-морским территориям Западного Приохотья: западной части зал. Константина, южной части залива Ульбанский, косе Нерпичья и южной части зал. Николая. В настоящее время материалы, обосновывающие необходимость организации ООПТ на этих ключевых пунктах, находятся на рассмотрении в министерстве природных ресурсов России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.В., Зубакин В.А., Свиридова Т.В., Реймерс А.Н. Программа «Ключевые орнитологические территории России». Восточная Сибирь и Дальний Восток. Методические разработки. М.: Союз охраны птиц России. 1999. 32 с.
2. Андреев А.В. Ключевые орнитологические территории Охотского моря // Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2005, № 1, с. 57–77.
3. Мастеров В.Б., Романов М.С. Тихоокеанский орлан *Haliaeetus pelagicus*: экология, эволюция, охрана. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2014. 384 с.
4. Морские ключевые орнитологические территории Дальнего Востока России / под ред. Ю.Б. Артюхина. М.: РосИП, 2016. 136 с.
5. Соловьева Д.В., Вартанян С.Л. Гнездовая экология чешуйчатого крохала (*Mergus squamatus*, Mergini, Anatidae) в Приморье // Зоологический журнал, 2019. Т. 98. С. 193–202.

---

---

**ПАРАМЕТРЫ ВОДОСБОРОВ И НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООБЕНТОСА ВОДОТОКОВ СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ.****Самохвалов В.Л.***Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, Россия***PARAMETERS OF WATERSHED AREAS AND SOME ZOOBENTHOS INDICES OF WATERCOURSES IN NORTHEAST ASIA.****Samokhvalov V.L.***Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, Magadan, Russia*

**Abstract.** The dependences of the group of structural indicators of bottom communities of organisms with dimensional characteristics of catchment areas are investigated. The catchment areas, their perimeter and the order of the watercourse were closely related to each other by close to functional connections. The parameters of the bottom communities – population density and the number of major groups of organisms, tended to change with changes in the parameters of watersheds. These changes were often described by a fractional-rational function.

Основная цель данной работы – выяснение направлений изменения некоторых структурных характеристик сообществ зообентоса в малых водотоках северо-востока Азии в зависимости от их размеров. Из размерных характеристик ручьев и рек рассматривались такие показатели, как площади водосборов, их периметры и порядки водотоков в точках отбора количественных проб зообентоса. Порядки определены по методу Хортон, модифицированному Страллером [5]. Определялась также сумма длин водотоков всех порядков на водосборах. Перечисленные размерные параметры рассчитаны в геоинформационной системе ArcGIS. Для расчетов построена речная сеть на основе данных космической съемки поверхности земли SRTM [4]. Ввиду того, что корректное определение порядка водотока возможно лишь по картам масштаба 1:100 000, то для его вычисления в ARCGIS использовался сток с 250 ячеек. Именно эта характеристика была подобрана визуальным сравнением расположений водотоков на растровых картах сотысячного масштаба 1:100 000 и карт, построенных при стоке из 75, 100, 200, 250 и 300 ячеек. В работе приведены оригинальные данные по структуре зообентоса, которые были получены для водотоков в бассейнах верхнего, среднего и нижнего течений р. Колымы (Кулу, Дебин, Тенгке, Оротукан, Мылга и притоках верхнего течения р. Мал. Анюй), водотоков в районе г. Магадана (Дукча, Магадан, в р. Хасын, бассейне р. Армань) и некоторых водотоках Чукотского АО (верховьях р. Анадырь, водотоках в районе пос. Беринговский, притоках верхнего течения р. Раучуа и рек бассейна Чаунской губы Восточно-Сибирского моря) (рис. 1). Пробы зообентоса для анализа были отобраны в период с 2010 по 2020 гг. Часть этих данных опубликована [1, 2, 3]. Пробы, данные которых использовались в работе, отбирались преимущественно в середине лета, в июле. В работе приводятся материалы, как экспедиционных, разовых сборов в малых и средних водотоках, так и стационарных, осредненные сезонные и многолетние, показатели состояния зообентоса. Были использованы количественные и качественные показатели структуры сообществ донных организмов. Они включали в себя общую плотность (экз./м<sup>2</sup>), биомассу (мг/м<sup>2</sup>) зообентоса, долю олигохет в процентах от суммарной биомассы, долю личинок

хинономид в процентах от общей плотности населения, индекс ЕРТ как долю суммарной биомассы поденок, веснянок и ручейников в общей биомассе бентоса в процентах, доля личинок п/сем *Diamesinae* в общей численности личинок комаров сем. *Chironomidae* в процентах.

Простота расчета этих показателей служила одним из главных критериев их выбора. Все приводимые индексы являются показателями характерных состояний донных сообществ в условиях воздействия на них определенных абиотических и биотических факторов среды. Большинство из них применимы для анализа как лимнофильных, так и реофильных биогидроценозов. Так, например, увеличение веса малошютинковых червей в общей биомассе зообентоса происходит при различных видах органического загрязнения вод, эвтрофикации водоемов. Возрастание численности комаров п/сем *Diamesinae* характерно для сообществ водотоков с каменистыми грунтами дна, высокой скоростью течения и низкими температурами воды, то есть для ручьев и рек горного или предгорного типа. К таким же типам водотоков тяготеют и личинки мошек.



Рис. 1. Схема расположения обследованных водотоков в Магаданской области и Чукотском АО.

Полученные данные обрабатывались с применением статистических методов корреляционного и регрессионного анализа.

Максимальная площадь водосбора отмечена для станции в устье р. Арманы на побережье Охотского моря (табл. 1), минимальные, около  $1 \text{ км}^2$ , на притоках первого порядка – станции Морозова на территории Колымской воднобалансовой станции, на руч. Порфиновый, притоке р. Дебин и руч. Кедровый, впадающем в бухту Гертнера Охотского моря. Порядок водотоков в местах гидробиологических станций находился в пределах от 1 до 7.

Между размерными показателями бассейнов водотоков (площадь водосбора, протяженность рек всех порядков, порядок основного водотока) на водосборе существуют тесные линейные связи. Также близки к функциональным связям между порядком водотока и натуральным логарифмом суммы их длины

(коэффициент корреляции между этими показателями достигает 0,94). Такого же порядка величина коэффициента корреляции ( $r = 0,89$ ) между логарифмом площади водосбора и порядком водотока. Такого рода результаты свидетельствуют о возможности использования параметра порядка водотока как одной из основных размерных характеристик рек различной величины.

Как закономерность следует отметить, что в составе зообентоса отсутствуют группы организмов, встречающихся на всех станциях. Наиболее значимыми по встречаемости были личинки и куколки комаров сем. *Chironomidae*. Они были представлены более чем в 94% проб. Личинки веснянок, поденок или ручейников (показатель ЕРТ присутствовали в 89% проб. Из этих трех групп наиболее часто в пробах были представлены веснянки. Личинки мошек встречались в 42% всех отобранных проб, олигохеты – в 39%.

Таблица 1. Характеристики водосборов водотоков северо-востока Азии в местах отбора гидробиологических проб.

Показатели	Среднее значение	Среднее квадратичное отклонение	Ошибка среднего	Минимальное	Максимальное
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	278	892	87,9	1	7495
Периметр, км	57	83	8,2	5	512
Протяженность водотоков всех порядков, м	174909	583171	57461,5	200	4914410
Порядки	3	1	0,13	1	7

Остальные группы присутствовали в бентосе значительно реже. Так, например, личинки ручейников отмечены лишь в 18% отобранных в регионе проб.

Важной особенностью распределения зообентоса в зависимости от размерных характеристик водотоков является отсутствие линейных, прямо пропорциональных связей между размерами и гидробиологическими показателями. Однако такие связи выявляются при линеаризующих преобразованиях параметров и были существенными и даже близкими к функциональным для степенных и, особенно, для дробно-рациональных зависимостей. Так, между водосборными площадями и суммарной плотностью населения зообентоса линейная связь не наблюдалась. Однако линеаризующие преобразования к дробно рациональной функции показывали высокий ( $r = 0,74$ ) коэффициент корреляции.

Следует отметить существенную черту взаимосвязи размерных характеристик водотоков и структурных показателей зообентоса – в отдельных бассейнах связь обычно выше, чем в целом для всех станций. Такая картина наблюдается для большинства бассейнов обследованных (табл. 2).

Рассмотренные зависимости между размерными характеристиками водосборов (площадь водосбора, периметр, протяженность водотоков всех порядков и порядок водотока) часто близки к линейным и функциональным.

Выявленные изменения структуры зообентоса в водотоках различных порядков свидетельствуют о наличии некоторых связей между этими параметрами, как на уровне зообентоса в целом, на уровне основных групп доминирую-

щих в бентосе животных. Эти связи, как правило, не прямо пропорциональны. Чаще всего они описываются дробно рациональными зависимостями.

Таблица 2. Связь некоторых показателей сообществ зообентоса и размеров бассейнов при дробно рациональной зависимости параметров.

Бассейн	Число гидробиологических проб	Коэффициент корреляции		
		Порядок - плотность населения	Порядок - число групп зообентоса	Порядок - логарифм плотности
Купол (бассейн р.Мал. Анюй)	21	0,92	0,37	0,98
Алькатваам (Берингово море)	8	0,80	0,43	0,99
Эмээм (Берингово море)	17	0,51	0,59	0,93
р. Хасын (побережье Охотского моря)	14	0,31	0,88	0,97
Омчак (Верхняя Колыма)	15	0,84	0,70	0,99
Дукча (Охотское море)	13	0,37	0,57	0,98
Все	104	0,77	0,52	0,72

Исследование изменения видового состава зообентоса в водотоках разных порядков требует существенных дополнений в изучение структуры сообществ, и в настоящее время для Северо-Востока Азии не закончено. Однако можно привести данные об изменении процентного состава личинок хирономид в бассейне р. Кулу. Предполагалось, что личинки комаров из п/сем *Diamesinae* более многочисленны в водотоках низких порядков. Это предположение полностью подтвердилось. Коэффициент корреляции между порядком водотока и процентом комаров из п/сем *Diamesinae* в общей численности хирономид очень высок –  $r = -0.89$ , что позволяет предполагать функциональную связь между этими параметрами. О закономерных изменениях некоторых видов и групп зообентоса с изменением порядка водотока свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции между этими показателями (у логарифма численности личинок веснянки *Mesocapnia* ( $r = -0.53$ ), а личинок хирономид из р. *Diamesa* – ( $r = -0,77$ )). Последние две группы организмов – типичные реофильные группы зообентоса, характерные для зообентоса водотоков северо-востока Азии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Засыпкина И.А., Самохвалов В.Л. Сообщества донных макробеспозвоночных водотоков бассейна реки Анадырь // Известия Самарского научного центра РАН, т. 13, № 1(5), 2011, с. 1092–1096.
2. Засыпкина И.А., Самохвалов В.Л. Зообентос водотоков Северного Охотоморья // Магадан: Кордис, 2015. 327 с. ISSN 978-5-89678-233-9.
3. Самохвалов В.Л. Порядок водотока и распределение зообентоса в верховьях р. Колыма // Чтения памяти академика К.В. Симакова. Мат-лы докл. всерос. науч. конф. (Магадан, 26–28 ноября 2013г.) Магадан, 2013. С.166–167.
4. The whole world is now on this site at 3 and 15 arc second resolutions [http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas\\_org3.htm](http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas_org3.htm)
5. Strahler, A.N. Quantitative analysis of water shed geomorphology / A. N. Strahler // Transactions of the American Geophysical Union. 1957. Vol. 8, N 6. P. 913–920.

---

---

## ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАМЧАТКИ

Токранов А.М.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, Россия

## THE PROBLEMS OF CONSERVATION OF BIODIVERSITY OF KAMCHATKA'S WATER ECOSYSTEMS

Tokranov A.M.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

**Abstract.** The survey of main problems of conservation of biodiversity of Kamchatka's water ecosystems (destruction of natural condition of many river parts and shore zone as the result of its anthropogenic transformation, non-rational fishery and poaching, active development of fishing and introduction of different new species of water organisms – bearded stone loach *Barbatula toni*, marsh frog *Pelophylax ridibundus* and grass frog *Rana temporaria*) is given.

Несмотря на то, что Камчатка сегодня всё ещё остаётся одним из немногих крупных регионов в мире, где в высокой степени сохранилась первичная природная структура ландшафтов и экосистем, в связи с возрастающим в последние десятилетия антропогенным воздействием, в регионе существует целый ряд проблем, связанных с сохранением биологического разнообразия внутренних водоёмов полуострова и его прибрежных вод.

Главная из них – нарушение естественного состояния многих участков рек (разрушение берегов, понижение уровня грунтовых вод, исчезновение ключей, где нерестились лососи и нагуливалась их молодь), литорали и верхней сублиторали в результате их антропогенной трансформации, повлёкшей за собой сокращение площади естественных нерестилищ лососей и некоторых видов прибрежных рыб, деструкцию или полное исчезновение пояса водорослей-макрофитов, служащего местом обитания многих представителей ихтиофауны, особенно на ранних этапах онтогенеза. Наглядным примером этого является бассейн Авачинской губы. Прибрежная зона данного водоёма довольно густо заселена и подвержена интенсивному антропогенному воздействию (рыбный промысел, вырубка лесов, распахивание полей, строительство жилых массивов и сети дорог, загрязнение промышленными и бытовыми отходами, застройка береговой линии портовыми сооружениями и др.), которое привело к нарушению естественного состояния ландшафтов. Это неизбежно отразилось на численности воспроизводящихся здесь рыб. Например, если ещё в начале XX века обитающая в Авачинской губе и нерестящаяся на прибрежной растительности тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* была довольно многочисленна и являлась традиционным объектом местного промысла, то уже к середине 1970-х гг. она лишь единично встречалась в уловах [5.]. Существенно сократилась и численность всех тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*, воспроизводящихся в бассейнах, впадающих в Авачинскую губу рр. Авача и Паратунка. Если в 1950–1980-е годы на нерестилища последней из них заходило свыше 200 тыс. экз. кеты *O. keta*, то в настоящее время до мест нереста доходит всего несколько тысяч рыб естественного происхождения (в связи с чем, с 1992 г. здесь начал

функционировать Паратунский лососёвый рыболовный завод, специализирующийся на искусственном разведении кеты). В значительно большей степени это сказалось на численности нерки *O. nerka*, которая традиционно являлась основным объектом промысла местного населения [5].

На сегодняшний день нативные популяции жилой формы нерки достоверно известны лишь в трёх озёрах Камчатки – Кроноцком, Каповом (бассейн р. Воронской) и Утином (бассейн р. Ичи) [1]. В первом из них её численность стабильно высока, поскольку она находится здесь под охраной режима Кроноцкого государственного заповедника. Однако в случае реализации проекта по строительству рыбоходного канала для создания стада проходной нерки, изменения в экосистеме озера неизбежно скажутся на состоянии данной популяции, а также приведут к исчезновению эндемичной фауны гольцов этого водоёма. Хотя в двух других, небольших и труднодоступных озёрах нативные популяции жилой нерки в настоящее время не подвержены антропогенному воздействию, в случае хозяйственного освоения упомянутых озёр целесообразно ввести полный запрет на вылов данного представителя ихтиофауны [1].

Другой проблемой, значение которой трудно переоценить, является нерациональное использование водных биоресурсов и массовое браконьерство во внутренних водоёмах Камчатки и прикамчатских водах, ведущее к резкому сокращению численности целого ряда ценных промысловых видов рыб и беспозвоночных, а также редких представителей ихтиофауны. Поскольку на протяжении плейстоцена обширная территория полуострова Камчатка была изолирована от материковой части мощными ледниками и морскими пространствами, отсутствовала возможность её заселения типично пресноводными видами рыб, в том числе такими, как сиговые, которые довольно обычны в водоёмах соседних районов Дальнего Востока и Сибири. По этой причине в настоящее время они встречаются только на самом севере Камчатского края, где полуостров переходит в материковую часть. Исследования двух последних десятилетий свидетельствуют, что численность трёх видов сиговых – чира *Coregonus nasus*, пенжинского омуля *C. subatumnalis* и сибирской ряпушки *C. sardinella*, известных в Камчатском крае лишь в бассейнах двух впадающих в Пенжинскую губу Охотского моря рек – Пенжина и Таловка, в последние годы заметно сократилась за счёт нерегулируемого промысла, что стало основанием для включения их в 2018 г. в «Красную книгу Камчатского края» как видов с сокращающейся численностью [1]. Ещё в 1970–1980-х годах чир был одним из самых многочисленных видов рыб в бассейнах рр. Пенжина и Таловка. Сегодня он повсеместно встречается крайне редко, а его численность продолжает снижаться в результате чрезмерного и бесконтрольного вылова, в том числе во время нереста. Численность двух других видов сиговых рыб – узкоэндемичного пенжинского омуля и находящейся на краю ареала сибирской ряпушки в бассейнах данных рек в последние годы также сокращается в результате их нерегулируемого вылова в нерестовый период, в связи с чем, необходимо усилить контроль за изъятием этих охраняемых видов рыб [1].

Сокращающаяся в численности проходная форма микижи *Parasalmo mykiss*, занесённая в Красную книгу РФ, в настоящее время на территории нашей страны воспроизводится исключительно в водоёмах Камчатки. Хотя её промысел повсеместно запрещён, у рыбаков она традиционно рассматривается в качестве желанного трофея. Поэтому, как считают специалисты, кроме охраны на путях миграции и нерестилищах, необходимы меры по ограничению изъятия проходной формы микижи при осеннем промысле тихоокеанских лососей

в устьях рек, создание специализированных ООПТ в местах её нереста на юго-западной Камчатке, а также криоконсервация геномов локальных стад [1].

Наряду с нерациональным использованием водных биоресурсов и браконьерством, определённую роль в сокращении биоразнообразия внутренних водоёмов Камчатки играет активно развивающееся с начала 1990-х годов спортивно-любительское рыболовство. Появление таких средств перемещения как высокопроходимые автомобили и снегоходы, сделало доступным для рыболовов в любое время года даже отдалённые и труднодоступные озёра и участки рек. Поскольку практически все виды и формы гольцов рода *Salvelinus* в водоёмах Камчатки, находящихся за пределами таких особо охраняемых природных территорий (ООПТ) как Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник и Быстринский природный парк, служат объектами спортивного и любительского рыболовства, их численность в одних озёрах (Копылье, Начикинское) сегодня неизменно сокращается, в других же (Большой Сокоч) они находятся на грани исчезновения. В оз. Дальнем бассейна р. Паратунки в результате многолетнего перелова произошло катастрофическое падение численности гольца Таранца *Salvelinus taranetzi*, последние достоверные поимки которого датируются началом 2000-х годов [1]. По оценке специалистов, в таких водоёмах целесообразно либо ввести полный запрет на вылов этих гольцов, либо осуществлять его по принципу «поймал – отпусти».

В отличие от жилой нерки, численность озёрной формы кижуча *Oncorhynchus kisutch* в большинстве водоёмов Камчатского края, где она отмечается, невысокая и определяется главным образом естественными причинами. Но его популяции из расположенных рядом с Петропавловском-Камчатским озёр Халактырское и Котельное, подверженные сегодня интенсивному лову рыболовов-любителей, находятся на грани уничтожения, поэтому здесь необходимо введение полного запрета любительского вылова жилого кижуча [1].

И, наконец, ещё одной важной проблемой сохранения биоразнообразия водных экосистем Камчатки является интродукция в них в конце XX – начале XXI веков ряда чужеродных видов гидробионтов [2–4]. Такие виды начали появляться на полуострове ещё с 30-х годов прошлого века [4]. Первым в водоёмы Камчатки (расположенные, главным образом, в бассейне одноимённой реки) из небольших пойменных озёр в устье р. Седанки (Приморье) был интродуцирован серебряный карась *Carassius auratus gibelio*, который уже к середине 1950-х годов достиг промысловой численности и стал объектом местного промысла. Но попытки заселения карасём мелких озёр в рыбохозяйственном отношении оказались неудачными. И хотя в настоящее время он встречается практически повсеместно в бассейне р. Камчатка и её крупных притоках, начиная от предгорий до приустьевой зоны, нигде, кроме хорошо прогреваемых и кормных озёр в низовьях и среднем течении р. Камчатка карась не достиг промысловой численности. Однако сам факт заселения этим представителем ихтиофауны водоёмов полуострова сегодня считается примером удачной акклиматизации вида в экосистеме лососёвой реки, где он занял свободную экологическую нишу и не вступает в конкурентные отношения с аборигенными видами рыб [4].

Вторым на полуостров завезли амурского сазана *Cyprinus rubrofuscus* [4] В течение ряда лет (1955–1956, 1963–1966 и 1968–1970 гг.) Камчатрыбводом из бассейна р. Амур на полуостров было доставлено в общей сложности более 300 тыс. сеголеток сазана, которых выпустили, главным образом, в среднем течении р. Камчатка в оз. Харчинском в районе пос. Ключи. В дальнейшем численность сазана начала постепенно возрастать, а область распространения рас-

ширяться. Сегодня можно констатировать, что сазан также прижился на Камчатке, хотя уловы данного представителя карповых рыб оказались не столь велики как карася.

Почти одновременно с вселением амурского сазана, в 1958–1960 гг. была предпринята неудачная попытка интродукции на Камчатке такого типично пресноводного представителя осетровых рыб как обская стерлядь *Acipenser ruthenus marsiglii* [4]. По мнению специалистов, наиболее вероятная причина неудачи - недостаточная численность посадочного материала (всего около 15 тыс. личинок) для такого обширного водного бассейна.

Однако, помимо целенаправленной интродукции рыб, имеющих промышленное значение, не избежали водоёмы Камчатки и случайного вселения чужеродных видов гидробионтов. Наиболее известными, а, скорее всего, просто достаточно крупными и потому чаще других попадающимися на глаза, среди них сегодня являются сибирский усатый голец *Barbatula toni*, озёрная *Pelophylax ridibundus* и травяная *Rana temporaria* лягушки [2–4].

Сибирского усатого гольца впервые обнаружили в р. Камчатке вблизи пос. Ключи в конце прошлого столетия [4]. Однако, по устному сообщению местных жителей, похожую на него рыбу в 1998–1999 гг. еще несколько раз вылавливали как в самой р. Камчатке в окрестностях пос. Ключи, так и в одном из её близко расположенных крупных притоков р. Еловке. После того, как в августе 2002 г. в находящемся сравнительно недалеко от пос. Ключи пойменном озере Куражечном попало сразу более десятка экземпляров этого гольца размером от 7 до 13 см, стало окончательно ясно, что в водоёмах Камчатки появился новый представитель пресноводных рыб [4]. В дальнейшем сибирский усатый голец начал активно расселяться в бассейне р. Камчатки, и потому сегодня его можно встретить в пойменных озёрах почти на 200 км выше и более чем на 50 км ниже по течению. Учитывая стабильное воспроизводство усатого гольца, в ближайшие годы вполне вероятно ожидать увеличения его численности, дальнейшего распространения в бассейне р. Камчатки и проникновения в близлежащие речные системы полуострова.

Другой вселенец – озёрная лягушка, с начала XX века в результате преднамеренного или случайного переноса её особей за пределы естественного ареала начала активно расселяться на восток. Согласно имеющимся данным, в течение XX века эту лягушку неоднократно привозили из европейской части России на Камчатку и выпускали в водоёмы вблизи Петропавловска-Камчатского [4]. Но из-за достаточно суровых климатических условий она долгое время не могла прижиться. В конце концов, какой-то части лягушек в 1990-е годы всё-таки удалось выжить на участке Халактырского озера, куда поступают тёплые воды с ТЭЦ-2. В настоящее время озёрная лягушка здесь достигает довольно высокой численности, размножается и успешно зимует. Очевидно, более высокие температуры воды в этом водоёме позволили озёрным лягушкам приспособиться к местным условиям и образовать к началу XXI века на Камчатке первую самую восточную популяцию данного вида [2, 4]. В дальнейшем озёрная лягушка с помощью человека стала постепенно расселяться по территории Камчатки. Сегодня её можно встретить не только в Халактырском озере и связанных с ним ручьях и речках. В 2005 г. она впервые была обнаружена в Паратунской долине, где в настоящее время живёт и успешно размножается даже в зимние месяцы в небольших проточных водоёмах с термальной водой, температура которой составляет 26–35°C. Согласно имеющимся данным, самовоспроизводящиеся группировки озёрной лягушки в последние годы обнаружены в водоёмах у пос. Малки,

Эссо и Анавгай, а также зарегистрированы в одном из небольших озёр в районе Мутновской ГеоТЭС на высоте около 800 м н. у. м. [2]. Несомненно, что в настоящее время расселение лягушек по территории Камчатского края происходит только благодаря человеку. Однако, при увеличении численности этих земноводных, в дальнейшем не исключено их самостоятельное распространение.

В 2015 г. стало достоверно известно о появлении на Камчатке ещё одного представителя земноводных – травяной лягушки, 150 неполовозрелых особей которой весной 2005 г. было завезено из Московской области на частную базу для охоты и рыбалки, расположенную в южной части полуострова в среднем течении р. Гольгиной в месте выхода термальных источников, обеспечивающих слабый подогрев мелких пойменных водоёмов [3]. Через год после появления на Камчатке небольшая часть привезённых особей травяной лягушки достигла половой зрелости и приступила к размножению в подогреваемой термальными водами луже, а к 2010 г. её кладки были отмечены уже во многих водоёмах вблизи базы. В 2015 г. численность только самок травяной лягушки в среднем течении р. Гольгиной составляла более 2,6 тыс. экз. Столь успешная интродукция этой лягушки за счёт разового выпуска небольшого количества особей выявлена впервые и, по всей вероятности, связана с наличием подогреваемого водоёма, облегчившего «первопоселенцам» переход к более суровым условиям обитания [3]. И хотя сегодня, это единственное местообитание данного вида на Камчатке, при увеличении численности в дальнейшем, вполне возможно, его самостоятельное распространение в бассейне р. Гольгиной, а также расселение с помощью человека в другие водоёмы полуострова.

Появление в последние два-три десятилетия на Камчатке таких чужеродных видов гидробионтов как лягушки (озёрная и травяная) или сибирский усатый голец, заставляет задуматься об усилении санитарно-карантинного контроля за специальным или случайным завозом сюда новых представителей животного и растительного мира. Ведь вместе с вселенцами, нередко являющимися хищниками или пищевыми конкурентами коренных обитателей, в лососёвые водоёмы полуострова могут быть занесены паразитарные и инфекционные заболевания, которые ранее здесь никогда не отмечали. К сожалению, специальных исследований по оценке проникновения на Камчатку чужеродных организмов в настоящее время не ведётся.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная книга Камчатского края. Т. 1. Животные / Отв. ред. А.М. Токранов. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2018. 196 с.
2. Ляков С.М. Озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* в термальных водоёмах Камчатки // Зоол. журн. 2014. Т.93. №12. С.1427–1432.
3. Ляков С.М. Травяная лягушка (*Rana temporaria*) на Камчатке: формирование первой популяции // Современная герпетология. 2016. Т.16. Вып.3/4. С.123–128.
4. Токранов А.М. Чужеродные виды гидробионтов в фауне Камчатки // Экология Камчатки и устойчивое развитие региона: Мат-лы 1-ой Всерос. науч.-практич. конф. (Петропавловск-Камчатский, 22–23 октября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2013. С.114–124.
5. Токранов А.М., Мурашева М.Ю. Изменение ихтиофауны Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) в результате антропогенного воздействия и трансформации прибрежных ландшафтов // Трёшниковские чтения-2018: Современная географ. картина мира и технологии географ. образования: Матер. всерос. науч.-практ. конф. (Ульяновск, 29–30 марта 2018 г.). Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2018. С.207–208.

---

---

**МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
РЕДКИХ ГИДРОФИТОВ ПРИАМУРЬЯ****Цыренова Д. Ю.***Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия***MICROMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS RARE HYDROPHYTES  
OF THE AMUR REGION****Tsyrenova D. Ju.***Pacific National University, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The article presents the results of micromorphological studies of rare hydrophytes of the Amur region. The following species have been studied: *Brasenia schreberi* J.F. Gmel. (Cabombaceae), *Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae), *Nuphar japonica* DC. (Nymphaeaceae), *Nelumbo komarovii* Grossh. (Nelumbonaceae). The stomata of the anomocytic type and atactostela are common features of the species. The species *E. ferox* and *N. japonica* are characterized by the presence of astrosclereids. *B. schreberi* is characterized by the presence of paired concentric bundles. It turned out that *E. ferox* has the same vascular bundles.

Современная водная флора Приамурья богата реликтовыми представителями, чьи предковые формы существовали на данной территории с третичного периода. Они составляют около 30% флоры водоемов [1]. Большинство относится к охраняемым видам как редкие и находящиеся под угрозой исчезновения [2, 3]. Несмотря на значительный научный интерес к ним, все еще остаются слабо изученными вопросы экологии, морфологии, анатомии, биологии и филогении видов.

Цель работы – обобщение результатов микроморфологического исследования редких гидрофитов Приамурья, задачи: описание микроструктуры листа и черешка, оценка конституционных признаков типового строения органов, выявление адаптивных признаков к условиям существования и определение таксоноспецифических признаков видов.

Объектами исследования послужили следующие виды:

1. Бразения Шребера (*Brasenia schreberi* J. F. Gmel., сем. Cabombaceae) – почти космополитный вид, распространенный в Южной и Восточной Азии, Северной Америке, Африке и Австралии. В России встречается в Восточной Сибири (в единственном местонахождении в Иркутской обл.) и на юге Дальнего Востока России.

2. Эвриала устрашающая (*Euryale ferox* Salisb., сем. Nymphaeaceae) – южноазиатский субтропический вид с реликтовым ареалом в странах Восточной Азии умеренной зоны (Китай, п-ов Корея, Япония), охватывая юг Дальнего Востока России. На российском Дальнем Востоке естественные местонахождения вида отмечаются преимущественно в долине р. Уссури. Недавно он обнаружен также в окрестностях г. Биробиджана Еврейской Автономной области.

3. Кубышка японская (*Nuphar japonica* DC., сем. Nymphaeaceae) – амурокорейско-японский вид. На Дальнем Востоке России вид встречается лишь в нижнем течении р. Кия – притока бассейна р. Уссури. Узколокальные дальневосточные популяции этого вида представляют собой самую северную материковую часть ареала преимущественно островного японского вида.

4. Лотос Комарова (*Nelumbo komarovii* Grossh., сем. Nelumbonaceae) – амур-уссурийско-маньчжурский вид. На юге Дальнем Востоке России встречается по долине Амура в пределах Амурской области и Хабаровского края, охватывая низовья р. Зeya и Бурея, по долине р. Уссури его ареал переходит на Приханкайскую низменность и о-в Путятино Приморского края.

Материал для исследования отбирался в естественных популяциях видов. Образцы бразения собраны на оз. Лебяжье в окрестностях пос. Волочаевка-2 Сидовичского района Еврейской автономной области, август 2018 г. (любезно предоставлены Гороховым К.Г.). Образцы по остальным видам собраны нами в следующих точках: водоемы в окрестности г. Биробиджана ЕАО сентябрь 2020 г. (эвриала); р. Кия в пос. Переясловка р-на им. Лазо Хабаровского края, август 2014 г. (кубышка); оз. Безымянное близ хутора «Галкино» Хабаровского сельского административного района, июль 2016 г. (лотос). Исследования проведены по общепринятой методике микроструктурного анализа [4]. Поперечные срезы органов сделаны лезвием бритвы от руки в трех повторностях. Готовые препараты просматривались с помощью микроскопа Биолам–ЛОМО и цифрового микрокомплекса Альтами БИО 8.

Результаты и обсуждение. Конституционные особенности. Анатомические особенности листа у изученных видов коррелируют со степенью экспозиции их воздушной среде. Мезофилл плавающих и надводных листьев имеет дорзовентральное строение. Соотношение толщины столбчатого мезофилла к толщине губчатого (индекс палисадности) равно 1:1. Палисадная паренхима фотосинтезирующая, относительно компактная и многослойная с продольно вытянутыми узкими клетками. Губчатая паренхима представлена преимущественно аэренхиматизирована. Воздухоносные полости схизогенного происхождения имеются у трех изученных видов (*B. schreberi*, *E. ferox* и *N. japonica*), лишь *N. komarovii* они – лизигенного происхождения. Листовая пластинка плавающих на поверхности воды листьев у *B. schreberi*, *E. ferox* и *N. komarovii* эпистоматного типа. Возвышающиеся над водой листья у *N. japonica* – гипостоматического типа. Устьица нормального строения. Устьичные аппараты у изученных видов однотипные – аномоцитные. Обнаружены различные выросты эпидермального происхождения – слизевыделительные железки у *B. schreberi*; гидрорезы, кроющие и головчатые трихомы у *E. ferox*; эфиромасличные железки у *N. japonica*; сосочковидные и остроконечные кроющие трихомы у *N. komarovii*. Многочисленные длинные заостренные эмергенции (шпы) эпидермально-субэпидермального происхождения имеются у *E. ferox*. У представителей сем. Nymphaeaceae лист армируется астроклеридами с мельчайшими ромбическими кристаллами. Многочисленные и многоветвистые астроклереиды развиты у *N. japonica*, у *E. ferox* они – немногочисленные и маловетвистые.

Черешок у изученных видов характеризуется микроструктурой осевого органа с типичными гистолого-топографическими комплексами. Эпидерма черешка у изученных видов однослойная и выполняет секреторную функцию. Зона первичной коры дифференцирована на внешний и внутренний участки. Внешняя кора у изучаемых видов одинаково занята 5–6–7 слоями уголкового колленхимой. У изученных видов в черешках обнаруживается атактостела. Сосудистые элементы ксилемы частично или полностью замещены одним-двумя воздухоносными полостями. Пучки без обкладок. Камбий отсутствует. Различия между видами проявляются по типу проводящих пучков. У двух видов *B. schreberi* и *E. ferox* обнаружены своеобразные парные концентрические пучки с

общей воздухоносной полостью, у остальных видов *N. japonica* и *N. komarovii* – коллатеральные пучки.

Адаптивные особенности. У изученных видов в листьях проявляется спектр микроморфологических адаптаций, характерных для гидроморфной эволюции растений. Общая аэренхиматизация, редукция проводящих элементов, слабая склерификация тканей – адаптивные особенности вида. Секреторные образования эпидермального происхождения обеспечивают гидроизоляционную защиту органам растений в водной среде.

Таксоноспецифичные особенности. Устьица аномоцитного типа и присутствие атактостелы – признаки таксонов порядкового ранга, сближающие гидрофитных представителей порядков Nymphaeanae (*B. schreberi*, *E. ferox* и *N. japonica*) и Nelumbonanae (*N. komarovii*). Различия между порядковыми таксонами прослеживаются в особенностях аэренхимы. У представителей порядка Nymphaeanae развита специализированная аэренхима с упорядоченной системой схизогенных межклетников, а Nelumbonanae – типичная аэренхима отсутствует, аэрация происходит через дефинитивные лизигенные секреторные вместилища.

К таксономическим микроморфологическим признакам семейства Nymphaeaceae (*E. ferox* и *N. japonica*) следует относить наличие астроклереидов. Напротив, у представителей семейств Cabombaceae (*B. schreberi*) и Nelumbonaceae (*N. komarovii*) они – отсутствуют.

Монотипное семейство Cabombaceae (*B. schreberi*) характеризуется присутствием парных концентрических пучков. Оказалось, что *E. ferox* из семейства Nymphaeaceae имеет такие же проводящие пучки (тогда как у *N. japonica* – коллатеральные пучки).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М., 2008. 855 с.
2. Красная книга Хабаровского края. Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости», 2008. 632 с.
3. Крюкова М.В. Сосудистые растения Нижнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2013. 351 с.
4. Фурст Г.Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. М.: Наука, 1979. 159 с.
5. Angiosperm Phylogeny Website. Version 13. Url: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (дата обращения 19.03.2021).

## ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ БАСЕЙНОГО ВОДО- РАЗДЕЛА РЕК ТУГУР-НИМЕЛЕН

Чаков В.В.<sup>1</sup>, Пархомчук Е.В.<sup>2,3</sup>, Захарченко Е. Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия;

<sup>3</sup>Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск, Россия

## DYNAMICS OF PEAT ACCUMULATION PROCESSES IN SECTIONS OF THE PERIGLACIAL ZONE OF THE BASIN WATERSHED OF THE TUGUR-NIMELEN

Chakov V.V.<sup>1</sup>, Parkhomchuk E.V.<sup>2,3</sup>, Zakharchenko E.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk, Russia

**Abstract.** The paper considers the features of waterlogging of a flat watershed, unique in its structure and evolution, between the valley complexes of the two largest watercourses of the Khabarovsk Territory. The Tugur and Nimelen rivers had rather powerful debit of water flows during the Pleistocene and were repeatedly redirected from the northern azimuth (Sea of Okhotsk) to the southern one (Amur river catchment). This process continued partly at the early stages of the Holocene, as the stratigraphy of the peat deposits of the bogs formed indicates here.

Характеризуемый район исследований приурочен к Эвур-Нимеленской депрессии, протяженной с юга на север от оз. Чукчагирского до Тугурского залива Охотского моря. В геоморфологическом плане это аккумулятивная равнина с грядами мелкосопочников и островных невысоких гор, возвышающихся на 30–80 м над выположенными заболоченными пространствами с абсолютными отметками (70±5 м) в долинах рр. Симитка и Нимелен. В пределах плоского заболоченного водораздела рр. Тугур-Нимелен высотные отметки поверхности достигают значений 100 м.

На западе изучаемого района простираются горные хребты Дуссэ-Алинь и Ям-Алинь, с восточных отрогов которых берут начало рр. Керби и Нимелен, принадлежащие к системе крупного левого притока Амура – р. Амгунь.

Накопление осадочных пород легкого механического состава (галечники с примесью гравия с песчаным, реже суглинистым, заполнителем) в долине р. Семитка, главным образом, протекало в среднем плейстоцене. В последствии они были перекрыты верхнеплейстоценовыми аллювиальными отложениями с прослоями и линзами (мощностью до 3,5 м) песков, суглинков, глин [1, 2]. Наиболее часто линзы песков (с примесью гальки и гравия) отмечаются в верхней части осадочного чехла. Вскрытая мощность таких пород здесь составляет порядка 27 м. В Тугурской части впадины вскрыты пески с галькой и гнездами суглинков в пачке до глубины 22 м.

Для верхнего плейстоцена наиболее выраженный этап осадконакопления связывают с Казанцевским межледниковьем, отмеченным в интервале от 125 до 95 тыс. лет назад [3]. Судя по палинологическим данным этих отложений, в которых преобладают теплолюбивые формы (*Juglans*, *Ulmus*, *Quercus*), это был наиболее оптимальный климатический период для данной территории и для

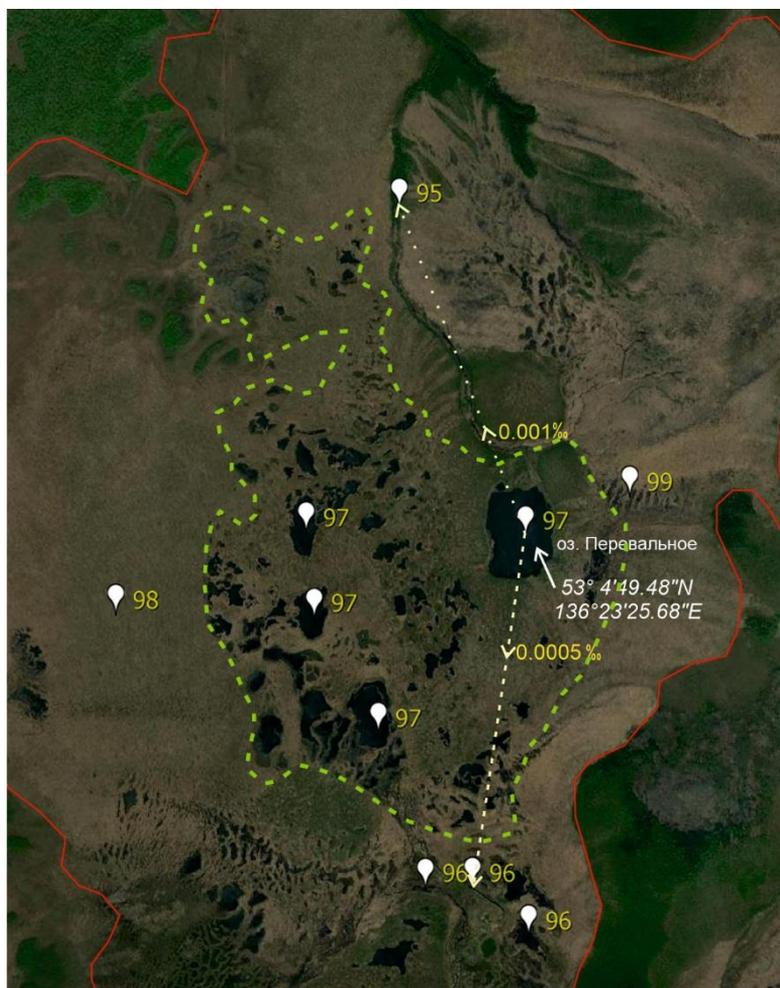
региона в целом. Существенное потепление климата в указанный межгляциал активизировал термокарстовые явления и таяние огромных горных снежников и равнинных поверхностей, что привело к интенсивному осадконакоплению во впадинах и низменностях.

Масштабное перекрытие плейстоценовых промороженных осадочных пород органическими отложениями на рассматриваемой территории датируется начальным голоценом, когда здесь создались благоприятные палеоклиматические условия для формирования водно-болотных экосистем. При этом очаги болотообразования возникали как непосредственно в водоемах (формирование сплавин, накопление фито- и зоодебрита), так и на участках переувлажняемой суши (поселение гидро-гигрофитов).

Обширный болотный массив с олиготрофными и мезо-олиготрофными комплексами фитоценозов на рассматриваемом плоском заболоченном водоразделе в поперечнике достигает 8 км, а в длину, располагаясь практически линейно вдоль долин рек Нимелен (юг) и Тугур (север) составляет порядка 10 км (рис. 1). Исследования болотных экосистем в его границах осуществлялось путем геоботанического изучения структуры растительного покрова общепринятыми в болотоведении методами, позволяющими выделить и детально охарактеризовать наиболее типичные для всего массива биотопы. Описание растительности по ярусам, осуществляли на учетных площадках площадью 100 м<sup>2</sup> путем оценки проективного покрытия сосудистых растений и сфагновых мхов [4]. Латинские названия бриофитов даны в соответствии со списком мхов Восточной Европы и Северо-Восточной Азии [5], сосудистых растений согласно утвержденным спискам [6]. Зондировка торфяных отложений и отбор образцов для проведения ботанического анализа, осуществлялись буром Инсторфа в соответствии с генетическим строением залежей. Определение видовой принадлежности сфагновых мхов, а также ботанического состава торфа проводилось с помощью оптического микроскопа Nikon LV 100 POL.

Растительный покров болотных массивов, судя по цветовой гамме и структуре изображения на спутниковых снимках (рис. 1) неоднороден. Для гидрофильных растительных сообществ, формирующихся в мочажинах в непосредственной близости от озер и озерков характерна двухъярусная (кустарничково-травяной и моховой) структура фитоценозов. В отличие от них фитоценозы, представленные на сфагновых коврах и грядах, обычно имеют все четыре яруса: древесный, кустарниковый, кустарничково-травяной и моховой. При этом в первом случае кустарничково-травяной ярус покрывает 45% поверхности и обычно сформирован *Menyanthes trifoliata* (10%), *Pedicularis palustris* (10%) и *Carex limosa* (10%). *Eriophorum vaginatum*, *Iris laevigata*, и *Vaccinium microcarpum* занимают по 5%. Единично здесь могут присутствовать росянки (*Drosera rotundifolia* и *D. anglica*), *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*. В моховом ярусе со 100% покрытием мочажин на долю *Sphagnum jensenii* приходится 70%. К нему равными долями по 15% покрытия добавляются *S. flexuosum* и *S. aongstroemii*. Последний тяготеет к едва выраженным подушкам и грядам. Для ковров и гряд характерны редкостойная *Larix gmelinii* угнетенной формы и высотой до 3-х метров и куртины до 5 м<sup>2</sup> *Pinus pumila* высотой 2,0–2,5 м. Кустарничково-травяной ярус занимает до 45% ковровых поверхностей, гряд и подушек высотой 25–35 см с уплотненной торфяной залежью. Здесь на долю *Rubus chamaemorus* приходится 10%, *Chamaedaphne calyculata* – 10%, *Ledum palustre* – 10%, *Vaccinium microcarpum* – 10%, *Eriophorum sp.* – 5%, *Drosera rotundifolia* – единично. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса со-

ставляет 100%, из них 5% приходится на лишайники, 95% занимают сфагновые мхи, среди которых на долю *S. fuscum* приходится 15%, *S. lenense* 20%, *S. rubellum* 5%, *S. papillosum* 3%, с примесью *S. divinum*.



**Условные обозначения:**

- - контур первичного водоема (очага заболачивания);
- - граница плоского заболоченного водораздела;
- ∇96 - отметки высот, м; ∇0.0005‰ - уклоны поверхностей

Рис. 1. Размещения болотных массивов на аллювиальной равнине рек Тугур и Нимелен в месте их взаимного перехвата максимальных паводков

Датирование торфа выполнялось в Институте ядерной физики СО РАН на ускорительном масс-спектрометре (УМС), позволяющем выявлять изотопы  $C^{14}$  в навесках 1–10 миллиграмма (целлюлоза или гумус) [7]. Пересчет радиоуглеродного возраста в календарную дату проводили с использованием программы OxCal [8].

При развитии болотных массивов с центрально-олиготрофным типом развития наиболее мощные отложения торфяной залежи, как правило, локализованы на участках с максимальными гипсометрическими уровнями, являющимися водоразделами. Именно на таких участках отбираются пробы торфа на ботани-

ческий состав и радиоуглеродный анализ для палеорекострукции гидрологических и природно-климатических условий развития изучаемых объектов. В данном случае, точка отбора образцов торфа располагалась в 350 м к югу от оз. Перевального на участке олиготрофного болота с достаточно плотной торфяной залежью. Результаты их анализа представлены на рис. 2, где отображены стратиграфическая колонка торфяной залежи со значениями степени разложения фитодетрита, его состав и доля участия растительных остатков, а также индексы влажности торфяного субстрата.

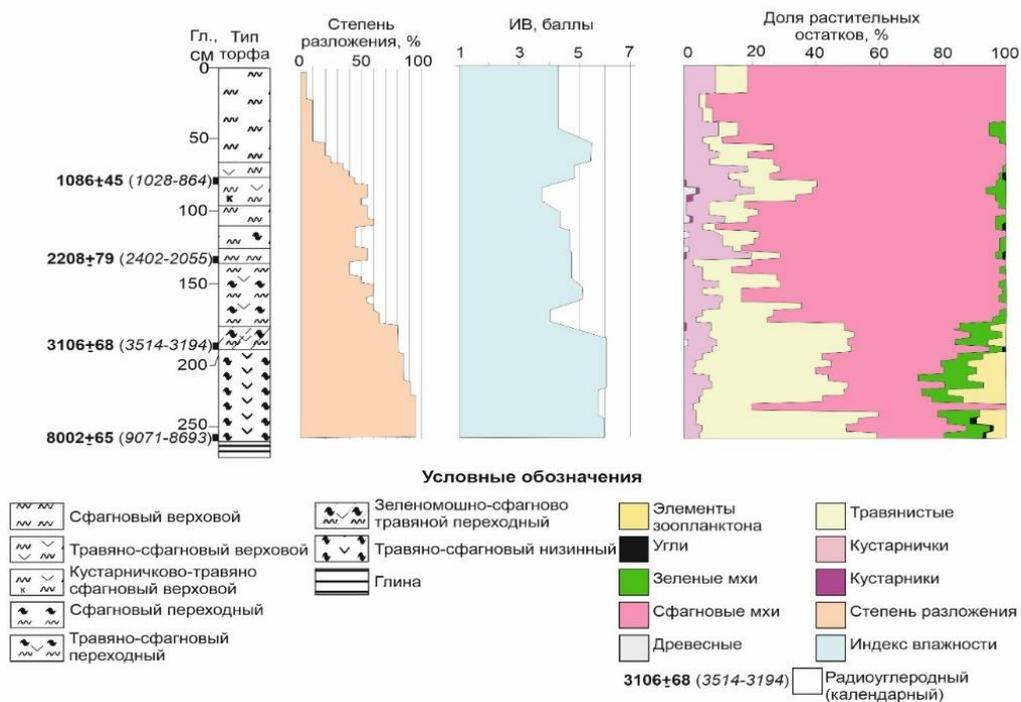


Рис. 2. Стратиграфия торфяной залежи центральной части плоского заболоченного водораздела рек Тугур-Нимелен и ее характеристики

Нижний слой торфяной залежи, расположенный в интервале глубин 200–270 см, залегающий на оглеенном суглинке имеет крайне высокие значения степени разложения (80–95%) фито- и зоодетрита. Его формирование осуществлялось на протяжении порядка 3050–3270 лет (весь бореальный период), считающийся самым теплым отрезком голоцена на Дальнем Востоке. Именно на данный период приходится интенсивное таяние рудиментов горных ледников и снежников Ям-Алиния и, как следствие, крайне высокие паводки в долинах рр. Тугур и Нимелен. Таким образом, в наиболее теплое время года территория водораздела превращалась в сравнительно крупный водоем. Именно об этом свидетельствуют включения сапропелей (до 20%) в состав данного слоя торфа.

Озерная стадия болотообразования в границах современного водораздела сменилась на суходольную из-за снижения интенсивности паводков в водотоках с одной стороны, и более существенному эрозионному врезу русел, с другой. Первое явление обусловлено палеоклиматическим похолоданием ( $t^{\circ}$  ниже современной на 1,5–2,0 $^{\circ}$ C) на рубеже атлантического и суббореального периодов, второе легким механическим составом пород аллювиальной Нимеленской рав-

нины. Судя по степени дисперсности растительных остатков, сформировавшихся в трех следующих слоях торфа общей мощностью 75 см, микробиологическая активность в них за этот период существенно замедлилась. На данное утверждение указывает падение степени разложения торфа с 90% до 40%. За этот период продолжительностью порядка 3000 лет значительно изменился и состав основных растений-торфообразователей в фитоценозах того периода. Так если этап начался с формирования с эвтрофных гипново-сфагново-травяных фитоценозов, то закончился олиготрофными сфагновыми формациями в интервале дат 2402–2055 лет назад в начале субатлантического периода.

Следующие 50 см торфа формировались вплоть до середины субатлантического периода на протяжении порядка 1200–1375 лет. За этот период здесь также сформировались три слоя олиготрофных видов торфа с различной долей включений остатков кустарничков, травянистых растений и мезо-олиготрофных сфагновых мхов. При этом, суммарная доля остатков травянистых растений и кустарничков не превышает 20% в этих слоях. Общим для них является более высокая степень разложения фитодетрита, свидетельствующая о более теплых и сухих палеоклиматических условиях того периода в границах плоского заболоченного водораздела.

Последний этап торфонакопления здесь представлен двумя слоями. Нижний из них мощностью 5 см является своеобразным переходом от стадии кустарничково-травяно-сфагнового мезо-олиготрофного типа торфа к практически к монотипному олиготрофному. За время его формирования степень разложения фитодетрита в нем сократилась с 50% до 30%, на фоне значительного снижения в палеофитоценозах травянистых растений около 15% и до 10% кустарничков. С нашей точки зрения данное явление связано с переходом болотного массива полностью на атмосферное водное питание с крайне бедным составом минеральных веществ. Верхний слой торфа мощностью 60 см полностью соответствует современному растительному составу олиготрофных сфагновых болот на рассматриваемой территории. Главной особенностью торфонакопления в конкретном рассматриваемом случае является ярко выраженная стабильность увлажнения торфа и как следствие относительно низкая степень деградации сфагнового детрита.

Уникальность рассматриваемого болотного массива на выположенном водоразделе рр. Тугур-Нимелен заключается в его озерном генезисе на начальном этапе формирования. Судя по тому, что озерная стадия болотообразования пришлась на самые теплые периоды голоцена, напрашивается вывод о перигляциальной природе избытка влаги на рассматриваемой территории. На эту же особенность указывают грядово-мочажинные и озерково-грядово-мочажинные болотные комплексы, расположенные на поверхностях со слабо выраженными уклонами. Для последних характерно проявление криогенных солифлюкционных явлений в виде образования своеобразных гряд и понижений, ориентированных поперек основных уклонов (линий стекания).

*Авторы выражают глубокую признательность руководству Центра международных исследований в области лесоводства (CIFOR) за финансовую поддержку исследований (LoA от 10 июля 2020 г.).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганешин Г. С. Общие закономерности развития речной сети Востока СССР // Проблемы изучения четвертичного периода. М.: Наука, 1972. С. 404–410.

---

---

2. Ганешин Г. С., Соловьев В. В., Чемяков Ю. Ф. Палеогеография территории СССР в четвертичном периоде // Проблемы изучения четвертичного периода. М.: Наука, 1972. С. 372–378.

3. Алексеев М.Н., Друщиц В.А. Климатические события Казанцевского межледникового и голоцена Восточной части российского шельфа и Сибири. Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. № 64, 2001 г. С. 78–88

4. Полевая геоботаника // Полевая геоботаника в 5-ти томах / под ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. Т. 4. М.; Л.: Наука, 1972. 336 с.

5. Ignatov, M.S., O.M. Afonina, E.A. Ignatova et al. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa* 15: 1–130.

6. Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. Т.1–8. Л.: Наука.1095–1986.

7. Parkhomchuk V.V., Rastigeev S.A. Accelerator mass spectrometer of the center for collective use of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*, 2011, Vol. 5, No. 6, pp. 1068–1072. © Pleiades Publishing, Ltd., 2011.

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАРСТОВОЙ ПЕЩЕРЕ ПРОЩАЛЬНАЯ, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК****Шадрина О.С.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия***MICROBIOLOGICAL RESEARCH IN THE KARSTCAVE PROSHCHAL'NAYA (FAR EAST)****Shadrina O.S.***Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Russia*

**Abstract.** The results of complex studies of the elemental composition of the speleothem «moonmilk» and natural waters in the Proshchalnaya Karst Cave (Khabarovsk Territory), including the inner watercourse, drip, and fractured water, are presented. In spring period, the total number and biochemical activity of microorganisms prevailed. Heterotrophic representatives consuming high concentrations of NOB dominated. The main factor affecting the number and structure of the community of microorganisms is intake of organic matter.

Карстовые пещеры выступают в качестве автономных подземных экосистем, которые могут быстро откликаться на изменение климатических условий и состояния окружающей среды. Экспериментальные исследования свидетельствуют, что динамика карстовых процессов в значительной степени зависит от климата, карбонатного выветривания горных пород и происходящих изменений в землепользовании [5].

Современный цикл кальция определяется, прежде всего, биологически опосредованными реакциями растворения (выщелачивания) и осаждения карбонатов, а также биоминералогией образования скелета протистами и микроорганизмами.

Микробные сообщества (МС) водных экосистем принимают активное участие во всех биогеохимических процессах, обеспечивая круговорот макро- и микроэлементов. Водоносные горизонты и поровое пространство пород представляют собой специфические местообитания для микроорганизмов, это влияет на биогеохимические процессы, протекающие в контактной зоне вода–порода.

Ранее, на основании исследований, проведенных в пещере Снежная (Абхазия) нами было показано, что при создании определенных условий для жизнедеятельности микробного сообщества на минеральных частицах карбоната кальция изменяется его структура и характер метаболизма, в частности это может привести к доминированию представителей активно растворяющих коренную породу [2].

В формировании микроструктур натечных образований значимую роль играет качественный состав поступающих поверхностных и подземных вод, который зависит от климатических и сезонных факторов. В результате бактериального метаболизма карбонатные породы могут быть полностью разрушены или трансформированы в другие вторичные минералы [1]. Наиболее распространенным типом карбонатных отложений, образующихся в пещерах, является биомасса натечного образования «лунное молоко» (ЛМ) [4].

Во многих работах приведены убедительные данные о присутствии в ЛМ различных групп микроорганизмов. Роль микроорганизмов в пещерах может

быть связана с несколькими функциями, включая синтез нового органического вещества (хемолитоавтотрофия), трансформацию горных пород и разложение органических веществ (органотрофия). Было показано, что образование многих специфических натечных структур (спелеотем) в пещерах происходит в результате активности хемолитоавтотрофных организмов.

**Цель исследования:** определить активность микроорганизмов, выделенных из проб воды разного генезиса (капельной, трещинной, внутреннего водотока, внешнего водотока) и спелеотемы ЛМ из пещеры Прощальная (Дальний Восток, Россия).

Пещера Прощальная находится на правом склоне долины р. Сагды-Селанка. Пещера лабиринтового типа в два этажа, с большим количеством залов, гротов, ходов различных размеров и направлений. Общая протяженность ее ходов около 5 км 480 м, относится к ландшафтному памятнику природы краевого значения [3].

Пробы воды различного генезиса из пещеры Прощальная и р. Сагды-Селанка были отобраны в мае 2015–2017 гг. и в ноябре 2015 г. в ходе экспедиции СЭТК «Оникс ДВГУПС» под руководством В.О. Шадрина.

Пробы натечного образования «лунное молоко» разной консистенции были отобраны в пещере Прощальная из разных экологических ниш (рис. 1) в мае 2014–2016 г.г., ноябре 2015 г., феврале 2017, 2018 г. Температура воздуха в пещере на момент отбора проб составляла 1–4°C.

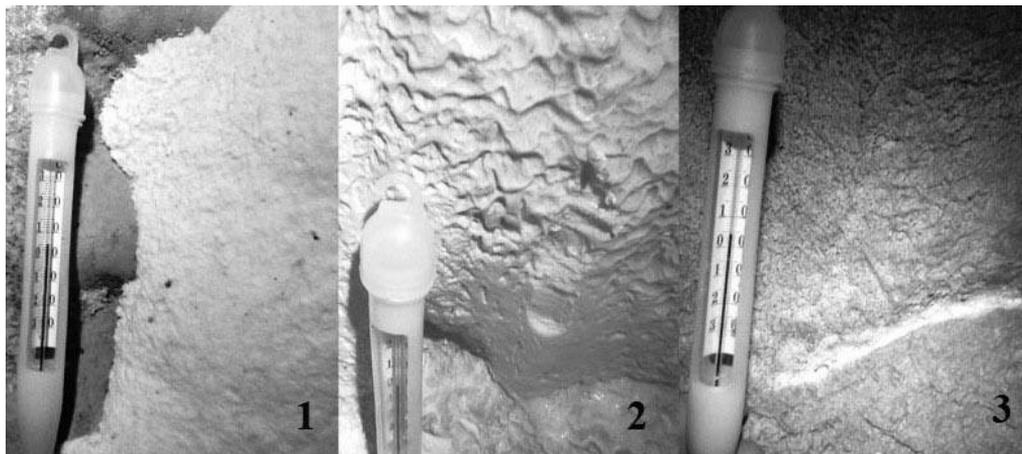


Рис. 1. Образцы натёчного образования «лунное молоко» разной консистенции из пещеры Прощальная: 1) толстый слой творожистой массы, 2) плотная сливочная масса, 3) тонкий слой творожистой массы.

Количество культивируемых гетеротрофных бактерий в природных водах и натечном образовании определяли на агаризованных питательных средах: крахмал-аммиачный агар (КАА), рыбо-пептонный агар (РПА) и РПА разбавленный в десять раз. Для определения количества железомарганцевых бактерий использовали агаризованную среду Бромфильда. Посев на питательные среды осуществляли методом предельных разведений. Пищевые потребности бактериальных изолятов определяли в жидкой питательной среде с использованием различных источников углерода (моносахаридов, дисахаридов, аминокислот, спиртов и др.). Культивирование проводили при 20–23°C в течение 7 суток.

**Микробиологические исследования воды.** В пробах воды из внутреннего водотока, независимо от времени года среди представителей микробного сообщества (МС) преобладали олиготрофы – микроорганизмы, предпочитающие низкие концентрации органических веществ, а также нитрифицирующие и железомарганцевые бактерии. Последние микроорганизмы осуществляют жизнедеятельность в подземных водах. Максимальное количество гетеротрофных микроорганизмов было зафиксировано в пещерном водотоке весной. Это может быть связано с таянием снега, способствующего поступлению легкоокисляемых органических веществ с поверхностными водами. В речной воде в это время наблюдали значительное уменьшение количества микроорганизмов из-за увеличения скорости потока. В осенний период в обоих водотоках отмечали снижение численности всех физиологических групп культивируемых микроорганизмов.

Из проб воды различного генезиса (капельная вода, трещинная, внутренний водоток) из пещеры Прощальная было выделено более 50 штаммов. На основании культуральных и морфологических характеристик отобраны десять штаммов для изучения их биохимической активности. Большинство штаммов были активными и способными использовать сахара:  $\beta$ -галактозу, глюкозу, маннозу и арабинозу, аминокислоты (аргинин, орнитин) в качестве источника углерода. Некоторые штаммы бактерий, выделенных из речной воды, внутреннего водотока, капельной воды утилизировали лактозу и сахарозу, которые ассоциированы с ферментом карбогидразой. Этот фермент играет важную роль в регулировании равновесия между различными формами неорганического углерода.

Таблица 1. Сезонная динамика численности МК в природных водах (2017 г.).

№ п/п	Водотоки	Численность микроорганизмов, тыс. кл/мл			
		Весна		Осень	
		РПА: 10		РПА	
1	Внутренний (п. Прощальная)	5,92±0,15	3,8±0,13	10,8±0,1	2,8±0,11
2	Поверхностный (р. Сагды-Селанка)	7,8±0,17	3,5±0,12	9,5±0,12	0,5±0,02
3	Капельная вода	5,92±0,19	5,7±0,17	7,68±0,15	6,2±0,15
4	Трещинная вода	8,0±0,1	4,0±0,13	8,2±0,13	4,9±0,14

Штаммы, выделенные из трещинной воды, использовали более широкий спектр источников углерода по сравнению с микроорганизмами других природных вод.

#### Микробиологические исследования ЛМ

Проведенные исследования показали, что в тонком слое творожистой массы ЛМ численность разных групп была выше, чем в более толстом слое такой же консистенции. При культивировании на КАА, содержащем крахмал в качестве источника углерода, численность бактерий была низкой в трех образцах. Предпочтения в использовании азотсодержащих ОВ представителями, входящими в состав ЛМ можно объяснить особенностями их метаболизма. Экспериментально была показана сопряженность двух важных метаболических механизмов аммонификации пептидов/аминокислот и карбонатного осаждения кальция.

Следует отметить, что в тонком слое ЛМ среди первичных колонизаторов присутствовали бактерии, образующие слизистые полупрозрачные колонии. Согласно литературным данным, слизистые полимерные соединения способствует более интенсивной адгезии биопленок к твердой поверхности.

Минимальное разнообразие морфотипов колоний и низкая численность отмечены в образце ЛМ в виде плотной слизистой массы. Известно, что высокие концентрации карбоната кальция способны осаждаться в слизистой матрице и препятствовать развитию бактерий.

Таблица 3. Численность МС ЛМ разной консистенции (май 2016 г.)

Среды	тонкий слой творожистой массы	плотный слой слизистой массы	толстый слой творожистой массы
	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/мл		
РПА	226±25.5	18±4.6	150±12.7
РПА:10	108±14.6	27±6.9	92±10.7
КАА	92±13.1	–	52±5.2

Из массы ЛМ разной консистенции были выделены более 105 штаммов бактерий, которые отличались по спектру утилизируемых источников углерода. Из тонкого слоя творожистой массы ЛМ выделены штаммы, активно утилизирующие глюкозу, маннозу, арабинозу, лактозу и сахарозу. Штаммы бактерий, выделенных из плотных слоев творожистой массы, фактически не использовали для своей жизнедеятельности многие углеводы. Это может быть связано с замедлением биохимической активности при формировании биопленок на этапе продуцирования защитного слизистого полимерного матрикса и накопления в нем различных химических элементов, в том числе Al, Si, Fe и Mn. Большинство штаммов, выделенных из творожистой и плотной массы ЛМ, утилизировали лактозу, глюкозу и маннозу в качестве источника углерода, но не использовали для своего метаболизма аминокислоты. Такие потребности обусловлены отбором тех форм, которые активно могли развиваться под влиянием дренирующих вод, отличающихся своим составом органических веществ.

Таким образом, численность микроорганизмов в природных водах и натечном образовании ЛМ в зависимости от сезона существенно изменяется. Микробиологические исследования подземных вод показали, что в весенний период происходило увеличение численности культивируемых микроорганизмов. Присутствие органических веществ в водной среде оказывает существенное влияние на структуру биопленок «лунного молока». Биопленка сформирована разнообразными микроорганизмами, которые отличаются своим метаболизмом и способностью синтезировать слизистые полимеры. Основным фактором, влияющим на численность и структуру МС является сезонное поступление органических веществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов // Вестник Пермского университета. 2012. Т.3. № 16. С.47–54.
2. Кондратьева Л.М., Полевская О.С. Микроорганизмы и образование спелеотемы «лунное молоко» в карстовых пещерах // Биосфера, 2017, Т. 9. №2. С. 152–165.
3. Шадрин В.О. Пещера Прощальная. Атлас пещер России. М., 2019, 660–665.

---

---

4. *Cacchio P., Ferrini G., Ercole C., Del Gallo M., Lepidi A.* Biogenicity and characterization of moonmilk in the Grotta Nera (Majella National Park, Abruzzi, central Italy) // *Journal of Cave and Karst Studies*. 2014. V. 76. P. 88–103.

5. *Zeng C., Liu Z., Zhao M., Yang R.* Hydrologically-driven variations in the karst-related carbon sink fluxes: Insights from high-resolution monitoring of three karst catchments in Southwest China // *Journal of Hydrology*. 2016. V.533. P. 74–90.

---

---

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ ФЛОРЫ ХРЕБТА БАДЖАЛ  
(ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)**

**Шлотгауэр С.Д.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*  
[saxifraga@ivep.as.khb.ru](mailto:saxifraga@ivep.as.khb.ru)

**THE ORIGIN OF THE FLORA OF THE BADZHAL RIDGE  
(Khabarovsk Territory)**

**Schlotgauer S.D.**

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*  
[saxifraga@ivep.as.khb.ru](mailto:saxifraga@ivep.as.khb.ru)

**Abstract:** The paper presents the species composition of Badzhal's flora. It identifies the main ecological groups: cryomesophytes, helophytes, chasmo-phytes, which are considered as a reflection of various stages of its history. Very long in time, the formation of these groups is associated with the tectonic development of the Mongol-Okhotsk volcanic belt. Their formation took place in an environment of severe winters and short summers. Sharp climate changes at the beginning of the Pleistocene led to the formation of cold-resistant flora elements; contact was formed between the high-mountainous floras of the Angarida massifs. The flora of Badzhal was enriched with plants of high latitudes and continental species Central Asia and Eastern Siberia.

Баджал находится в 130 км северо-западнее г. Комсомольска-на-Амуре. Он сформировался на высоко поднятом фундаменте Буреинского массива и осадочных толщах восточной ветви Монголо-Охотского складчатого пояса. Эти морфоструктуры имеют самые большие в Приамурье абсолютные высоты свыше 2200 м. Верхний пояс гор имеет альпийские черты: острые скалистые вершины и гребни водоразделов, ледниковые формы – кары и цирки с озерами, троговые долины с моренами. Лишь отдельные массивы в истоках р. Горин, сложены кристаллическими породами (гранитами, диоритами). Они имеют палеотипный облик: глубокие крутосклонные долины сочетаются здесь с уплощенными террасированными междуречьями – плато с останцовыми возвышенностями, абсолютные высоты которых составляют 1600–1900 м.

В районе широкое развитие получили лиственные леса, нередко возникшие после пожаров на месте пихтово-еловых. Последние, как правило, почти не восстанавливаются на мелких каменистых почвах склонов. Положение верхней границы леса в различных частях Баджала неодинаково. В истоках одноименной реки на северном склоне верхняя граница отмечена на высоте 1300–1400 метров над уровнем моря, на южном, в истоках р. Урми на высоте 1500 м. Ольховник (*Alnus fruticosa*) и кедровый стланик (*Pinus pumila*) обрамляют лесной пояс, находя наиболее благоприятные условия для роста и развития на влажных подветренных склонах (бассейны рр. Ярап, Урми, Кур и Горин). Горные тундры представляют самостоятельный класс формаций тундровой растительности и простираются выше 1700-метровой отметки над уровнем моря.

Для растительного покрова этих горных сооружений характерна высокая обнаженность: горно-тундровые ценозы во многих местах смыкаются с таежным поясом, подгольцовые сообщества развиты фрагментарно [5]. Этому способствуют грубый механический состав отложений на очень крутых, свыше 37°

склонах, преимущественно глыбовых, их высокая порозность, приводящая к безводности поверхности из-за очень быстрого просачивания воды под рыхлый чехол склонов, на что обращали в свое время внимание первые исследователи. Однако высокую контрастность растительности определяет не только рельеф, но и климат, характеризующийся высокой влажностью: от 15 до 25 дней, относительная влажность воздуха достигает 80–90% в середине дня. Это составляет одну из характерных особенностей второй половины летнего сезона для большинства горных структур Приамурья. На Баджале годовое количество осадков превышает 1000 мм, в том числе 70% летних, благодаря положению его хребтов, ориентированных на северо-восток, называемых «ловушками циклонов». Резкий градиент природных условий, в первую очередь климата, характеризуют флору Баджала, как высокогетерогенную: включающую в лесном поясе неморальные, в высокогорьях аркто-альпийские, арктические и горнотундровые элементы.

В исследованиях, кроме автора, принимали участие С.В. Хегай, С.В. Добровольная, Е.В. Кондратьева и другие. В результате была дана характеристика высокогорной растительности, выявлен видовой состав флоры, выделено несколько экологических групп, суммирующих экологические типы растений по отношению к сухости, влажности субстрата и составу горных пород: криофиты, криоксерофиты, хазмафиты, хионофиты, кальцефобы, кальцефиты и гелофиты.

Флора высокогорий хребта Баджал насчитывает 530 видов сосудистых растений, относящихся к 273 родам 86 семействам. Высокогорные составляют 224 вида (42,2%), из них строго высокогорных 56 (25%), монтанных 40 (17,8%); распространенных в горах бореальной области (9,7%), общих с Арктикой и аркто-альпийских – 29,0%. Остальные 316 представлены таксонами лесного пояса.

Они распределяются следующим образом: криофиты, криоксерофиты и хазмофиты концентрируются на сухих элюво-делювиальных щебнистых экотопах водоразделов и привершинных участках склонов выше 1600-1700 м. над ур.м (*Artemisia arctica*, *Potentilla elegans*, *Cassiope ericoides* и др). Хионофиты обычны на нивальных экотопах, где формируются приснежные лужайки, по берегам временных и постоянных водотоков и ледниковых озер (*Salix arctica*, *Saxifraga brachypetala*, *S.cernua*, *Spiraea schlotgaurae*, *Betula exilis* и др). Гелофиты занимают средние участки склонов и долины горных рек, с более или менее развитым почвенным покровом и застойным увлажнением (*Carex misandra*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Bistorta elliptica*, *Luzula parviflora*). Хазмофиты – растения скал, осыпей и курумов (*Potentilla inquinans*, *Weigela suavis*, *Orostachys spinosa*). Кальцефобы – растения, доминирующие на породах кислого состава (*Dryopteris fragrans*, *Carex rigidoides*, *Sarbaria pallasii*). Кальцефиты – виды одиночно или массово произрастающие на карбонатных породах (*Carex macrogyna*, *Saxifraga sieversiana*, *Paraquilegia microphylla*).

Соотношение перечисленных групп наглядно показывает разнородность компонентов флоры. Высокий процент хионофитов хорошо согласуется с особенностями влажного климата в нижней полосе гольцового и в подгольцового поясов. Эта группа растений унаследовала от своих предков адаптивные способности хорошо переносить низкие температуры текучих вод. Тем не менее, криоксерофиты и ксерофиты в сумме преобладают (50,3%). Эта приспособленность к перенесению кратковременных или длительных нехваток влаги свидетельствует, что предковые формы этих растений возникли в условиях холодных сухих эпох.

Для представления о возрастной структуре флоры Баджала и ее генезиса важное значение имеет соотношение в ней представителей долготных и широтных географических элементов.

Подавляющее число высокогорных видов Баджала распространены на территории Азиатского материка – 93 (41,0%), некоторые выходят за его пределы – 40 (17,8%). Это в основном циркумполярные (голарктические) и заходящие на север Европейской части и северо-запад Северной Америки. Представители этой группы включают виды, ареалы которых, помимо гор Восточной Сибири, проникают в морфоструктуры Средней и Центральной Азии. Характерной особенностью растений Восточносибирско-дальневосточной ареалогической группы является морфологическая обособленность на уровне секций или родов, что может свидетельствовать об их древнем происхождении. Среди последних также отмечены морфологически обособленные виды в родах: *Phlomoidea*, *Leontopodium*, *Aster*, *Cardamine*, *Senecio*, *Spiraea* и др.

Они нами включены в баджалско-буреинскую ареалогическую группу, ограниченную в своем распространении либо высокогорьями Баджала, либо сооружениями Буреинского нагорья: *Aster woroschilowii*, *Leontopodium blagovczenskyi*, *Senecio bojcoanus*, *Phlomoidea woroschilovii*, *Spiraea schlotgaurae* и др.

На основании палеографических данных можно, примерно, предположить возраст характерных элементов флоры исследованного района.

Условия развития и распространения высокогорных видов могли появиться в неогене, особенно в плиоцене, когда повсеместно на восточной окраине Монголо-Охотского вулканического пояса и за его пределами отмечается интенсивное возобновление тектонической активности. Именно в приморских горных районах, где верхняя граница бывает снижена по сравнению с континентальными горами и где ветры достигают наибольшей силы, в палеогене уже могли существовать отдельные вершины и гребни, не покрытые лесом [2].

В зонах интенсивных поднятий резко усиливаются эрозионные процессы, появились большие площади безлесных пространств, возвышающиеся над поясом горной темнохвойной тайги. На скалистых гольцовых поверхностях уже в это время существовали кустарничково-лишайниковые группировки, в которых присутствовали таежные элементы. В конце неогена расширение безлесного высокогорного пояса могло привести к первому циклу интенсивного флорогенетического обмена между ранее разобщенными высокогорными флорами субокеанических гор.

Плиоценовый возраст (неоген), по данным А.И.Толмачева [3] имеют так же гольцовые кустарнички и подгольцовые кустарники: *Cassiope*, *Phyllodoce*, *Novosieversia*, *Rhododendron*. Уровень систематической обособленности этих родов говорит об очень длительном развитии родоначальных типов на изолированных горных поднятиях притихоокеанских горных систем.

По данным систематиков-родологов становление этих групп, потомками которых они являются, тесно связано с тектоническим развитием Монголо-Охотского вулканического пояса [4]. Раннее поднятие отдельных вулканических массивов, обилие площадей открытых каменистых поверхностей, приморское положение гор – все это создавало предпосылки для развития уже в неогене высокогорных и монтанных элементов.

Основной состав современных высокогорных видов, скорее всего, имеет ранне- и среднеплейстоценовый возраст. Их формирование происходило в обстановке достаточно суровых зим и более короткого лета.

Именно в начале плейстоцена образовался широкий контакт между флорами разных высокогорных массивов Ангариды. Резкий перелом в общем характере климатических условий дал мощный импульс для флорообразования холодостойких элементов флоры Дальнего Востока и для их широкого расселения.

Продолжавшееся в течение плейстоцена похолодание климата, общее повышение гипсометрического уровня и поднятие горных систем Азии [1] и как следствие превращения Полярного бассейна в Ледовитый океан, привели к главному событию плейстоцена – оледенению, носившему в Приохотье и Приамурье преимущественно горно-долинный характер.

Важнейшим событием эпох максимального оледенения явилось установление связей между горными системами высоких широт (Арктика) и горными системами Сибири в связи с широким образованием перигляциальных полос. С установлением на восточной территории материка безлесно-редколесных пространств, в образовании которых огромную роль сыграли ерниковые сообщества с лиственницей, появилась возможность миграций [4].

В этих условиях возможности флористического обмена между горными системами Восточной Сибири и Дальнего Востока так же были облегчены и свободные экологические ниши на прибрежных горах, заполнялись видами растений, сформировавшимися ранее на горных системах Ангаридского материка. Экологический и ареологический анализы флоры высокогорий Баджала обнаруживают ряд характерных черт: доминирование криофильного гольцового элемента над психрофильным, значительную флористическую общность с флорой высокогорий Восточной Сибири и с океаническими гольцовыми флорами Приохотья и небольшую с Арктикой; отдаленные во времени флористические связи с горной флорой Голарктики. Во флоре прослеживается наличие третичного «ядра» – совокупность, несомненно, древних высокогорных и монтаных видов, морфологическая обособленность которых стоит на уровне родов и секций и имеющих обширные циркумполярные ареалы, а также присутствие во флоре местного, в основном молодого баджалского эндемизма.

Таким образом, ядро флоры Баджала сформировалось в неогене и с ростом горных поднятий и расширением площади высокогорий; развитие плейстоценовых оледенений, сопровождавшееся смещением высотной поясности и распадением флороценологических комплексов, привело к частичному обеднению высокогорной флоры и к освоению новых экологических ниш и, соответственно, к новообразованиям во флоре, благодаря интрогрессивной гибридизации. К их числу отнесены виды, у которых ограниченное распространение сочетается со слабым обособлением от близких видов; те и другие нередко представлены во флоре вместе; перигляциальные ландшафты, установившиеся на горах в эпоху максимального оледенения, сделали возможным самые отдаленные миграции для представителей флор высокогорий. Сюда проникли флористические элементы гольцовых флор северо-востока Сибири, арктические и гипоарктические виды. Выявленная в настоящее время целостность гольцовых высокогорных, арктических, берингийских и монтанно-гипоарктических ареалов Баджала сложилась именно в это время; последовавший за деградацией ледников термический максимум голоцена, привел к смещению вверх границы леса и, следовательно, площадь высокогорий сократилась, следствием чего явилось насыщение флоры лесными (бореальными) видами, а также возникла наблюдаемая сейчас прерывистость в распространении высокогорных и монтаных видов хребта Баджал.

---

---

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Синицын В.М.* Палеогеография Азии. М., Л.: Изд-во АН СССР. 1962. 267 с.
2. *Толмачев А.И.* О происхождении некоторых основных элементов высокогорной флоры Северного полушария // Материалы по истории флоры и растительности СССР, Вып. III. М.: Л. Изд-во АН СССР. 1958. С.316–361.
3. *Толмачев А.И.* Роль миграций и автохтонного развития в формировании высокогорных флор земного шара. Проблемы ботаники. 1960. Т.5. С.18–31
4. *Юрцев Б.А.* Мегаберингия и криоксеротические этапы истории ее растительного покрова // Комаровские чтения. Вып. XXXIII. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1986. 53с.
5. *Шлотгауэр С.Д.* Растительный мир субокеанических высокогорий. М.: Наука. 1990. 224 с.

---

---

**СПЕЦИФИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО  
ПОКРОВА ПРОЕКТИРУЕМОГО КОМПЛЕКСНОГО ЗАКАЗНИКА  
«УЧУРСКИЙ» (АЯНО-МАЙСКИЙ РАЙОН)**

**Шлотгауэр С. Д.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
saxifraga@ivep.as.khb.ru*

**BIODIVERSITY SPECIFICITY OF THE VEGETATION COVER  
OF THE PROJECTED UCHURSKY COMPLEX RESERVE  
(AYANO-MAISKY DISTRICT)**

**Schlotgauer S. D.**

*Institute of water and ecology problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia  
saxifraga@ivep.as.khb.ru*

**Abstract.** The paper identifies that the botanical and geographical feature of the vegetation cover of the Uchurskiy complex nature reserve is its position in the zone of convergence of the continental and monsoon climates, reclaimed by sharply contrasting phlorogenetic elements of the vegetation cover. The gradient of continentality-oceanicity in the vegetation cover is quite clearly traced between the eastern and western macroslopes of the mountain systems of the Uchur River basin.

In this regard, an overlap of the marginal zones of the areas of plants of oceanic and continental origin was found on the territory of the basin, which determines the richness of the biodiversity of the region, but imparts instability to communities that include rare plant species from the Red Data Books of Russia and the Khabarovsk Territory.

Coniferous pine-larch forests are unique in their species composition, are found on the outcrops of carbonate rocks on the right bank of the Uchur River, opposite the mouth of the Lyal'mi River and in the Uchur – Ulkan interfluve. In this area, 79 species of endemic alpine species of North Asia have been identified. 40 species of vascular plants, 4 species of lichens and one representative of mushrooms are included in the International and Red Data Books of the Khabarovsk Territory.

Территория проектируемого комплексного заказника «Учурский» занимает юго-восточную часть Алданского нагорья и представляет собой окраину древнейшей по возрасту Сибирской платформы. Спецификой строения горной части бассейна р. Учур является сочетание пологих склонов, глубоких надрезных долин и водоразделов, достигающих до 3 км ширины и 1500 м высоты. Эти водоразделы представляют собой реликтовые формы рельефа мел-палеогенового возраста [1]. В истоках р. Учур находится морфоструктура Геран, сложенная анортозитами и их разновидностями – лабрадоритами и габбро-анортозитами. Это сооружение является одним из крупнейших в мире массивов этих пород. Анортозиты и их разновидности широко распространены на Луне, на Земле они встречаются в немногих местах: Сев. Америке, на полуострове Лабрадор, на Джугджуре и Майском хребте. Кристаллы лабрадора необычайно декоративны и сверкают синими и зелеными огнями на стенках ущелий и останцах.

Особенность рельефа этой морфоструктуры заключается в сочетании альпипинотипных и глыбовых структур, обилием следов плейстоценовых оледене-

ний, наличием в сообществах нивальных лужаек и гляциальных реликтов арктического происхождения.

Работа основана на многолетних полевых исследованиях, проведенных в последнее десятилетие прошлого века и начале нынешнего в составе эколого-географического отряда Института водных и экологических проблем ДВО РАН. Ключевые участки располагались на хребте Геран в истоках р. Ляльми, Маймакан и Уян (1600–2020 м над ур. м.), а также в долине р.р. Учур и Улкан (300–500 м над ур. м). Было выполнено 350 геоботанических описаний, заложено 20 профилей, закартирована растительность 20 ключевых участков, выявлен полный видовой состав 5 конкретных флор, собран гербарий (1500 листов). При обработке полевого материала использованы методы, разработанные Б.А. Юрцевым [6]. Названия растений приведены по сводке «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» с использованием базы данных Plant of the World online. При картировании растительности ключевых участков использовались топографические карты среднего и крупного масштабов, космические снимки среднего пространственного расширения спутников Lansat, сенсоров ЕТМ+, ТМ.

В пределах бассейна Учюра отмечено три высотных пояса: лесной (горно-таежный), подгольцовый и гольцовый. Горно-таежный занимает широкий диапазон абсолютных высот от 300 до 1200 м. Его образует наиболее устойчивая к природно-климатическим условиям порода – лиственница (*Larix gmelinii*). Резко континентальный климат горных морфоструктур, расположенных в «барьерной тени» Токинского Становика, относительно меньшее увлажнение способствуют широкому распространению лиственничников и сосново-лиственничных лесов в бассейне Учюра.

Они приурочены к склонам и вершинам гор. На склонах северных экспозиций граница лесной растительности на 150–200 м ниже, чем на южных. Иногда обилие глыбовых осыпей, особенно на склонах  $30^{\circ}$  крутизны нарушает эту закономерность. На отдельных участках Герана плащ подвижных осыпей на склонах достигает 700–800-метрового уровня, опускаясь до тальвегов долин. На защищенных от ветра участках, которые служат «коридорами», лес поднимается до 1300 м. Однако, на крутых склонах, подвергшихся пожарам (бассейны рр. Таранда, Ляльми) верхняя граница леса не поднимается выше 600–800 м [5].

На увлажненных, хорошо дренированных участках склонов Улканского хребта отмечены бруснично-кедровостланиковые лиственничники, более крутые склоны одеты кедровостланиковыми лиственничниками с ольховником. Сухие выпуклые склоны Герана (междуречье Ляльми-Сютюкян покрыты редкостойными кедрово-стланиково-лишайниковыми лиственничниками. Пологие склоны, платообразные увалы с бугристым микро- и мезорельефом, связанным с деятельностью мерзлоты, заняты ерниково-сфагново-багульниковыми лиственничными редины. Они характерны так же для слабодренированных участков первой террасы низовий Улкана и верхнего течения р. Учур. Из-за близкого залегания мерзлоты создаются хорошие условия для заболачивания. Сфагново-багульниково-ерниково-лиственничные редины начинаются сразу за береговым валом, который окамляет водоток. На прирусловом валу обычны перестойные бруснично-лишайниковые с кедровым стлаником лиственничники.

Олиготрофные ряды лиственничных редин и нелесной растительности чаще всего образованы кустарничково-сфагново-кустарниковыми сообществами, известными под общим названием ерников, широко распространенных в холодных и холодно-умеренных зонах Восточной Сибири и Дальнего Востока, явля-

ьясь ландшафтными в экосистемах Приохотья. Эдификаторми являются виды семейств березовых и ивовых. Березки Миддендорфа (*Betula middendorffii*), кустарниковая (*B. fruticosa*), тощая (*B. exilis*), ивы черничная (*Salix myrtilloides*), темнеющая (*S. fuscescens*) являются эдификаторами редкостойных лиственничных и кедровостланиковых сообществ в бассейне Учюра. Эти формации бедны сосудистыми растениями, чаще других отмечаются осоки (*Carex tenuiflora*, *C. canecens*, *C. globularis*, *C. sabynensis*) и мытники (*Pedicularis labradorica*, *P. oederi*, *P. scephtrum-carolinum*) и вересковые кустарнички (*Andromeda polifolia*, *Cassiope tetragona*, *Ledum palustre*) и др.

Эвтотрофные ряды растительности представлены ивовыми, тополево-чозениевыми типами насаждений. Ивняки представляют собой кратковременную стадию развития растительности на галечниках. Эдификаторами являются ивы росистая (*Salix rorida*), Шверина (*S. schwerinii*), удская (*S. udensis*) и др. На более мощных аллювиальных отложениях формируются чозениево-тополевые рощицы. В поймах рр. Улкана и Учюра они не образуют мощные леса на низких террасах, окаймляющих водотоки, а отмечаются узкими прерывистыми лентами. Водоохранные лиственничные леса по Улкану и Учюру характеризуются средней производительностью древостоев и разнообразным подлеском из кедрового стланика и ольховника. В сообществе трав доминируют вейниково-осоково-разнотравные группировки.

Темнохвойные леса отмечены по долинам горных водотоков. Они тянутся узкой прерывистой полосой до верхней границы леса. Эдификаторы – ели аянская и сибирская встречаются единично в качестве примеси к горным лиственничникам. Формации из ели аянской свойственны лучше увлажненным склонам восточных экспозиций, как Герана, так Улканского хребтов. В нижней части известковых склонов с хорошим увлажнением формируются вейниково-разнотравные формации. Кустарничково-травяной покров представлен высоко-травьем, среди которого обычны: ревень (*Rheum compactum*), акониты лютиковый и охотский (*Aconitum ranunculoides*, *A. ochotensis*), болотник Стеллера (*Limnasia stelleri*), хохлатка пионолистная (*Corydalis paeoniifolia*) и др.

Контрастом на фоне лесной растительности охотского типа являются фрагменты сосново-лиственничных и сосновых формаций. Они приурочены к выходам известняков правого берега Учюра и Учурского плато. В пологе преобладают степные виды, общие с Сибирью, Монголией и Средней Азией: овсянницы (*Festuca altaica*, *F. jacutica*), мятлики (*Poa angustifolia*, *P. argunensis*), сосюреи (*Saussurea ajanensis*, *S. schanginiana*), осоки (*Carex trautvetteriana*, *C. pediformis*), большеголовик (*Fornicium uniflorum*) и др.

В подгольцовом поясе бассейна Учюра развиваются промежуточные сообщества, представленные криофильными среднетравными лужайками. Специфика геранских лужаек заключается в том, что в них половину проективного покрытия образуют кустарнички (*Phyllodoce caerulea*, *Empetrum sibiricum*, *Loiseleuria procumbens*, *Dryas octopetala*). Лишайники и мхи образуют покрытие до 30%. Синузии сосудистых растений составляют 20% покрытия пробных площадок. Основу образуют восточносибирские и аркто-альпийские осоки (*Carex rigidoides*, *C. misandra*) и гипоарктомонтанные (*Carex sabynensis*, *C. melanocarpa*) и аркто-альпийские представители сосудистых растений: толстореберник (*Pachypleurum alpinum*), фиалка (*Viola biflora*), василистник (*Thalictrum alpinum*), водосбор (*Aquilegia amurensis*) и др.

Выше 1300–1400 м в истоках Учюра начинается царство горной тундры. Широкое ее распространение здесь, как, впрочем, везде в пределах гор Дальне-

го Востока, определяется высокой влажностью воздуха, сопряженной с умеренными температурами вегетационного периода и крайне низкими зимой при незначительной мощности снежного покрова. Указанные факторы предопределяют широкое развитие в горно-тундровом поясе (эрозионных форм рельефа крупнообломочный, глыбовый и щебнистый субстраты), которые заселяются эрозиофилами.

На высокогорьях бассейна Учуга особое место занимают лишайниково-щебнисто-дриадовые тундры. Они приурочены к плоским седловинам и водораздельным плато, где анортозиты значительно разрушены и образуют щебнисто-дресвянистые покровы и россыпи. Участки, обогащенные мелкоземистым субстратом, обычно задернены дриадами (*Dryas ajanensis*, *D. viscosa*, *D. integrifolia*), которые в бассейне Учуга являются высокоактивными видами. Ландшафтную роль дриады, видимо, следует связывать с составом пород. На юго-западном отрезке Улканского хребта и Джугджура, которые сложены гранитами и гнейсами, дриады широкого распространения не получили.

В щебнисто-дриадовой тундре большую роль играют осоки (*Carex rigidoides*, *C. alticola*), кобрезии (*Kobresia myosuroides*, *K. jacutica*), остролодочки (*Oxytropis pumilio*, *O. tilingii*), мятлики (*Poa glauca*, *P. arctica*), камнеломки (*Saxifraga nudicaulis*, *S. aestivalis*, *S. stelleriana*, *S. merckii*), ивы (*Salix sphenophylla*, *S. recurvigemmis*), сосюреи (*Saussurea schanginiana*, *S. congesta*) и др.

Общее число редких и исчезающих видов растений заказника «Учурский», включенных в Красную книгу Российской Федерации насчитывает 8 таксонов: *Borodinia tilingii*, *Rhodiola rosea*, *Smelowskia inopinata*, *Cypripedium calceolus*, *Valeriana ajanensis*, *Calypso bulbosa* и др.; из лишайников – 2 *Lobaria retigera*, *L. pulmonaria* и один гриб *Conoderma lucidum* [2, 3].

Таким образом бассейн Учуга, рекомендуемый к созданию комплексного (ландшафтного) заказника, представляет уникальный район, где сосредоточены геоморфологические, гляциальные и ботанические реликты. Общий список растений насчитывает 370 видов (21,5%), из них 80 являются эндемичными растениями Северо-Востока Азии. Общее число таксонов, отнесенные в Красные книги разных регионов составляет 35 представителей, в Красной книге Хабаровского края насчитывается 37 видов сосудистых растений [3, 4].

Река Учур издавна являлась для коренных народов перевалочным пунктом во время кочевков и обменных операций на Учурской ярмарке. Как символ освоения русскими бассейна Учуга была построена Учурская часовня. «Учурской тропой» пользовался В.Д. Поярков в 1643–1646 гг. и ученый А.Ф. Миддендорф в 1844 г. Организация комплексного природного заказника «Учурский» является актуальной и своевременной.

*Работа выполнена благодаря поддержке регионального общественного благотворительного фонда диких животных Хабаровского края к.б.н. Куликова А.Н.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнилов Б.А. Рельеф юго-восточной окраины Алданского нагорья. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С.3–105.
2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во науч.изд. КМК, 2008. 855 с.
3. Красная книга Хабаровского края: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. Министерство природных ресурсов Хабаровского

---

---

края, Институт водных и экологических проблем ДВО РАН. Воронеж: ООО «Мир». 2019. 604 с.

4. Шлотгауэр С.Д. Редкие виды сосудистых растений верхнего течения р. Учур. Ботанический журнал. 1980, № 10. С.446–462.

5. Шлотгауэр С.Д. Растительный мир субокеанических высокогорий. М.: «Наука». 1990. С.223.

6. Юрцев Б.А. Некоторые тенденции развития метода конкретных флор. Бот. жур. 1975. Т.60, № 1. С.69–83.

***Секция 2. Водные ресурсы и экосистемы:  
состояние и использование***

***Session 2. Water resources and ecosystems:  
state and use***

**БИОИНДИКАЦИЯ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ АМУР  
В ПЕРИОД ЛЕДОСТАВА****Андреева Д. В.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия***BIOINDICATION OF MERCURY POLLUTION OF THE AMUR RIVER  
DURING THE ICE-COVERED PERIOD****Andreeva D. V.***Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The results of experimental studies of the impact of mercury on the activity of sulfate-reducing bacteria from different layers of ice sampled in March 2016 in the Amur River below Khabarovsk city are presented. It was found that mercury in the concentration range of 0.0005–0.001 mg/l stimulated the activity of sulfate-reducing bacteria present in the ice throughout the studied area of the Amur River. To a large extent, this effect was typical for ice sampled from the right bank near Khabarovsk city, where mercury pollution of the aquatic environment was repeatedly recorded.

Во льдах, несмотря на экстремальные условия существования, происходит довольно активная биогеохимическая трансформация органических веществ (ОВ) при участии различных эколого-физиологических групп микроорганизмов [5]. Криофильные микробные сообщества участвуют в деструкции автохтонных и аллохтонных ОВ, способствуют миграции биогенных элементов, влияют на изменение структуры биоценозов и выступают в качестве индикаторов антропогенного загрязнения водных экосистем.

Присутствие во льдах сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) используется для индикации восстановительных условий в толще льда, повышенного содержания легкодоступных ОВ и сульфатов.

Впервые биоиндикационная роль криомикробоценозов была показана при оценке трансграничного загрязнения р. Амур в период ледостава 2000–2001 гг. [4]. Были выявлены ярко выраженные ответные реакции микробных сообществ льда на комплексное воздействие различных факторов: биогенных (развитие водорослей) и абиогенных (присутствие токсичных микропримесей органических веществ и тяжелых металлов). Повышенная устойчивость микроорганизмов контактной зоны вода–лед к ртути отмечена у правого берега в районе пос. Ленинское, где проявляется влияние загрязненных водных масс р. Сунгари [4].

В Приамурье к источникам ртутного загрязнения относятся промышленные центры (города Хабаровск, Амурск, Комсомольск-на-Амуре) и сток р. Сунгари (территория Китая). Значительное накопление тяжёлых металлов и ртути зарегистрировано в поверхностном слое донных отложений устьевых зон рек Амур, Бурея и Зея, в бассейнах которых созданы водохранилища [2].

Ртуть и ее соединения являются опасными токсичными веществами, представляющим угрозу для здоровья человека. Риск ртутного загрязнения зависит от многих факторов, в том числе от формы нахождения этого тяжелого металла в водной среде и донных отложениях. В результате биогеохимических процессов, включая микробиологическую деструкцию растительных остатков и гуминовых веществ почв, ртуть переходит в более токсичную форму – метилртуть

( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ). Это увеличивает ее миграционную способность, поступление в толщу воды и накопление гидробионтами.

Микробиологическая трансформация является важным фактором, определяющим форму существования ртути. Растворимые органические вещества обычно стимулируют микробную активность, и тем самым могут способствовать синтезу метилртути. В последнее время появилось много работ, посвященных изучению механизмов метилирования ртути. Многие исследователи доказали, что сульфатредуцирующие бактерии являются важной группой микроорганизмов, участвующих в процессах метилирования ртути.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния ртути на активность сульфатредуцирующих бактерий, выделенных из льда, сформированного в зимний период 2015–2016 гг. в р. Амур ниже г. Хабаровска.

Керны льда были отобраны в марте 2016 г. во время комплексной экспедиции сотрудников Института водных и экологических проблем ДВО РАН под руководством д.г.н А.Н. Махинова. Лед отбирали специальным кольцевым буром с внутренним диаметром 16 см. Для химического и микробиологического анализов использовали расплавы разных слоёв льда, отобранного по поперечному профилю р. Амур в районе г. Хабаровска. Пробы льда расплавляли при комнатной температуре с соблюдением правил асептики. Лёд помещали в стерильные стаканы с крышками.

Численность СРБ определяли методом глубинного посева 1 мл расплава на агаризованную среду Постгейта. Активность роста СРБ на лактате оценивали фотометрически по изменению оптической плотности (ОП) культуральной жидкости при 600 нм на КФК-3-01. В экспериментальных исследованиях использовали водорастворимую соль ртути ( $\text{HgNO}_3$ ) в концентрациях 0,0005 и 0,001 мг/л.

Суммарное содержание растворенных ОВ в расплавах льда определяли спектрофотометрическим методом при 254 нм (Shimadzu UV-3600) и выражали в виде спектрального коэффициента абсорбции ( $\text{SAC}_{254}$ , ед. абс.).

Все аналитические исследования проводили в Центре коллективного пользования научным оборудованием при Институте водных и экологических проблем ДВО РАН.

Для определения роли СРБ в формировании окислительно-восстановительных условий в зимний период 2015–2016 гг. были проведены исследования их численности и содержания растворенных ОВ в различных слоях льда р. Амур ниже г. Хабаровска (табл. 1).

Установлено, что во всех исследуемых расплавах льда р. Амур присутствовали СРБ, участвующие в цикле серы. В пробах льда, отобранных на середине р. Амур ниже г. Хабаровска на глубине 37–53 см, численность СРБ была максимальной (2525,7 КОЕ/мл) и отражала содержание ОВ во льдах (табл. 1). Расплавы этого слоя льда были мутными, содержали частицы детрита и биопленки. Возможно, что в период формирования ледового покрова происходило поступление загрязненных водных масс из р. Сунгари.

В нижних слоях льда, отобранных у левого и правого берегов р. Амур, зарегистрировали высокую численность сульфатредукторов и высокое содержание растворенных ОВ (табл. 1). Это может быть связано с тем, что происходило поступление загрязненных водных масс со стоком рек Зeya, Бурея и Сунгари в период формирования льда.

Таблица 1. Численность сульфатредуцирующих бактерий (СРБ) и содержание растворенных органических веществ (SAC<sub>254</sub>) в разных слоях льда р. Амур

Место отбора	Слой, см	Численность СРБ, КОЕ/мл	SAC <sub>254</sub> , единицы абсорбции	
р. Амур, ниже ж/д моста г. Хабаров- ска	Левый берег	0–17	505,0±15,7	0,135
		34–47	723,7±18,2	0,234
		48–68	<b>1258,7±23,2</b>	<b>0,404</b>
	Середина	0–21	233,3±11,4	0,080
		37–53	<b>2525,7±53,3</b>	<b>0,664</b>
		73–91	567,7±16,4	0,143
	Правый бе- рег	0–17	658,3±17,5	0,123
		18–34	956,7±20,6	0,247
		35–52	<b>1827,3±41,6</b>	<b>0,468</b>

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные значения.

Экспериментальные исследования, проведенные в 2016 г., показали, что в разных слоях льда р. Амур присутствуют СРБ, устойчивые к ионам ртути в концентрациях 0,0005 (Hg1) и 0,001 мг/л (Hg2) (табл. 2).

Максимальную устойчивость к ртути при концентрации 0,001 мг/л проявляли СРБ из всех слоев льда, отобранных у правого берега ниже г. Хабаровска (табл. 2). Эти данные согласуются с нашими ранними исследованиями устойчивости бактериобентоса р. Амур к ртутному загрязнению [2, 3]. Они свидетельствуют о локальном загрязнении воды, льда и донных отложений правобережной части р. Амур ртутью, которая может поступать со стоком рек Уссури, Сунгари и сточными водами г. Хабаровска.

Таблица 2. Влияние ртути на рост сульфатредуцирующих бактерий на лактате из разных слоев льда р. Амур

Место отбора	Слой, см	Рост на субстрате, ОП при 600 нм			
		Лактат	Лактат + Hg1	Лактат + Hg2	
р. Амур, ниже ж/д моста г. Хабаро- вска	Левый берег	0–17	0.46	0.35	0.21
		34–47	0.54	0.46	0.32
		48–68	0.62	0.58	0.44
	Середина	0–21	0.23	0.24	0.21
		37–53	0.92	0.85	0.83
		73–91	0.34	0.27	0.23
	Правый берег	0–17	0.35	0.32	0.30
		18–34	0.38	0.36	0.32
		35–52	0.46	0.44	0.41

Примечание: Hg1 – 0,0005 мг/л, Hg2 – 0,001 мг/л.

Такая устойчивость к ртути характерна для микробных комплексов придонных слоев воды на приплотинном участке водохранилищ. Так, микробиологические и спектрофотометрические исследования качества воды в Зейском водохранилище летом 2013 г. показали, что активные биогеохимические процессы трансформации ОВ происходят на приплотинном участке [1]. Выше плотины в

придонной воде, где происходит основная седиментация взвешенных веществ, зарегистрировано высокое содержание растворенных ОВ. Здесь же установлена максимальная устойчивость СРБ к загрязнению ионами ртути. Активность сульфатредуцирующих микроорганизмов при концентрации Hg 0,0005 мг/л была в 1,8 раз выше, чем в контроле, а при концентрации Hg 0,001 мг/л активность была сопоставимой с контролем [1].

Таким образом, есть основание предполагать, что выявленная устойчивость СРБ обусловлена их адаптацией к ртутному загрязнению донных отложений и включением этих микроорганизмов в толщу льда в составе детрита при сбросах водных масс из водохранилищ. Обнаруженная устойчивость сульфатредуцирующих бактерий к ртути ниже г. Хабаровска у правого берега может быть связана с их непосредственным участием в образовании метилртути во льдах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева Д. В., Кондратьева Л. М., Стукова О. Ю. Микробиологические исследования процессов сульфатредукции в Зейском водохранилище // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып.6. Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 32–37.
2. Кондратьева Л. М., Андреева Д. В., Голубева Е. М. Влияние крупных притоков на биогеохимические процессы в реке Амур // География и природные ресурсы. 2013. №2. С. 36–43.
3. Кондратьева Л. М., Андреева Д. В., Голубева Е. М. Факторы, влияющие на процессы сульфатредукции и метилирования ртути во льдах реки Амур // Лёд и снег. 2018. Т. 58. № 1. С. 105–116.
4. Кондратьева Л. М. Лед как компонент мониторинга загрязнения поверхностных вод // Труды межд. конф. «ENVIROMIS-2002» под ред. проф. Е. П. Гордова в 2-х томах. Т.1. Изд-во: ГУ «Томский ЦНТИ», 2002. С. 174–179.
5. Cameron K. A., Stibal M., Hawkings J. R., Mikkelsen A. B., Telling J., Kohler T. J., Gözdereliler E., Zarsky J. D., Wadham J. L., Jacobsen C. S. Meltwater export of prokaryotic cells from the Greenland ice sheet // Environmental Microbiology. 2017. V.19 (2). P. 524–534.

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Базаров К.Ю.<sup>1</sup>, Егидарев Е.Г.<sup>1,2</sup>, Мишина Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

<sup>2</sup>Всемирный фонд дикой природы (WWF-России), Амурский филиал,  
Владивосток, Россия

## ANALYSIS OF LAND USE IN THE KHANKA LAKE BASIN USING REMOTE SENSING DATA

Bazarov K.Yu.<sup>1</sup>, Egidarev E.G.<sup>1,2</sup>, Mishina N.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

<sup>2</sup>World Wildlife Fund (WWF-Russia), Amur Branch, Vladivostok, Russia

**Abstract.** The paper presents results of the analysis of the transboundary Khanka Lake Basin's land use map compiled on the base of remote sensing data using geo-information systems. The map reflects the distribution of 12 land categories in the Khanka Lake basin in 2017 (arable land, paddy field, abandoned paddy field, shrubs and sparse growth, forest land, open pit, settlements, meadows and pastures, wet meadows and marshes, water bodies, forest cuttings and fires). The land use structure of the whole Lakes' watershed is described. Statistical data of arable lands dynamics in the Russian and Chinese parts of the basin is also analyzed as part of the studying of land use structure changes.

Трансграничный бассейн озера Ханка расположен на сопредельных территориях Приморского края РФ и провинции Хэйлунцзян КНР. Являясь крупнейшим пресноводным водоемом Дальневосточного региона России и всей Восточной Азии, озеро имеет большую ценность с точки зрения богатства биоразнообразия его растительного и животного мира. Приханкайская низменность одновременно является важным сельскохозяйственным районом Приморского края и всего Дальнего Востока России. Для понимания современных условий и последствий хозяйственной деятельности в пределах трансграничного бассейна важное значение имеют актуальные данные об использовании его земель. Источником единообразных пространственных данных, которые отображают информацию о природных особенностях, хозяйственном использовании и антропогенных изменениях трансграничных объектов, и которые можно использовать для корректных картографических расчетов, являются данные дистанционного зондирования (ДДЗ) Земли. Целью настоящей работы является анализ структуры современного использования земель трансграничного водосборного бассейна оз. Ханка на основе ДДЗ.

При картографировании современного землепользования в Ханкайском бассейне обрабатывались и дешифрировались спектрзональные снимки с космических аппаратов Sentinel-2 (весна 2017 г.) и Landsat-8 (осень 2016 г.). В результате проведенных работ была создана актуальная карта (масштаб 1:100000) использования земель бассейна оз. Ханка, отображающая пространственное распределение 12 категорий земель на 2017 г. (рис. 1). Для каждой категории земель были рассчитаны площадные характеристики, на основе которых рассмотрена структура использования земель в бассейне в целом, в его китайской и российской частях, а также в разрезе отдельных муниципальных районов (Рос-

сия) и уездов (Китай). Данные об обрабатываемых землях были сопоставлены со статистическими материалами и проанализированы с позиций долговременных тенденций в сельскохозяйственном освоении российской и китайской сопредельных территорий.

В настоящей работе площадь бассейна оз. Ханка подсчитана равной 24855 км<sup>2</sup> (включая площадь самого озера – 4372,35 км<sup>2</sup>), из которых 20941 км<sup>2</sup> или 84 % расположены в Приморском крае. Российская часть бассейна оз. Ханка расположена на территории 10 муниципальных районов и 2-х городских округов Приморского края, китайская часть водосбора находится в провинции Хэйлунцзян на территории уездов Мишань и Хулинь округа Цзиси, а также включает небольшой участок размером 55 км<sup>2</sup> – в уезде Дунин и городе Суйфэнхэ округа Муданьцзян (рис. 1). В настоящей работе рассматривается структура землепользования 6-ти муниципальных районов и одного городского округа (ГО) Спасск-Дальний, полностью или почти полностью (более 80 % территории) расположенных в пределах Ханкайского бассейна, а также использование земель уезда Мишань, 46 % территории которого относится к водосбору озера.

Согласно данным дешифрирования космических снимков, общая площадь обрабатываемых земель (пашня и рисовые поля) в 2017 г. в бассейне составила 451 тыс. га или 18,1 % территории, еще 10,4 % пришлось на залежь и заброшенные рисовые поля [2]. Категорией земель с наибольшим удельным весом являются лесные территории, занимающие 29,2 % водосборного бассейна. Доля водных объектов (реки, протоки, озера, водохранилища) в структуре земель составила 17,9 %. Еще 20 % территории водосбора приходится на луга, сенокосы, пастбища (10,9 %) и сырые луга, болота (9,6 %). Оставшиеся 4 категории земель (кустарники и редколесья; карьеры, следы недропользователей; населенные пункты, постройки сельскохозяйственного назначения, промышленные и производственные объекты; лесные вырубki, гари) занимают менее 4 % площади водосборного бассейна оз. Ханка. Отличительной чертой структуры использования земель китайской части бассейна является высокая доля рисовых полей и пашни, в сумме составляющая 44,4 % территории. При этом площадь рисовых полей в 2,2 раз больше сухоходольных пахотных угодий [2].

В целом, структура использования земель китайской части бассейна оз. Ханка указывает на значительную антропогенную нарушенность его природной среды. 47 % этой территории относятся к глубоко измененным и преобразованным природным комплексам (пашни, включая залежь, рисовые поля, в т.ч. заброшенные, населенные пункты, лесные вырубki и гари, карьеры). Если из расчетов структуры земель убрать площадь оз. Ханка, включенную в водные объекты, доля антропогенно преобразованных земель увеличится до 70 %. В российской части бассейна ситуация более благополучная, чем на сопредельной китайской территории, и удельный вес преобразованных природных комплексов составляет 28 % всей площади. Среди муниципальных районов российской части бассейна наиболее неблагоприятную структуру земель имеет Хорольский район (31 % территории – антропогенно преобразованные природные комплексы, еще 21 % – заброшенные рисовые поля).

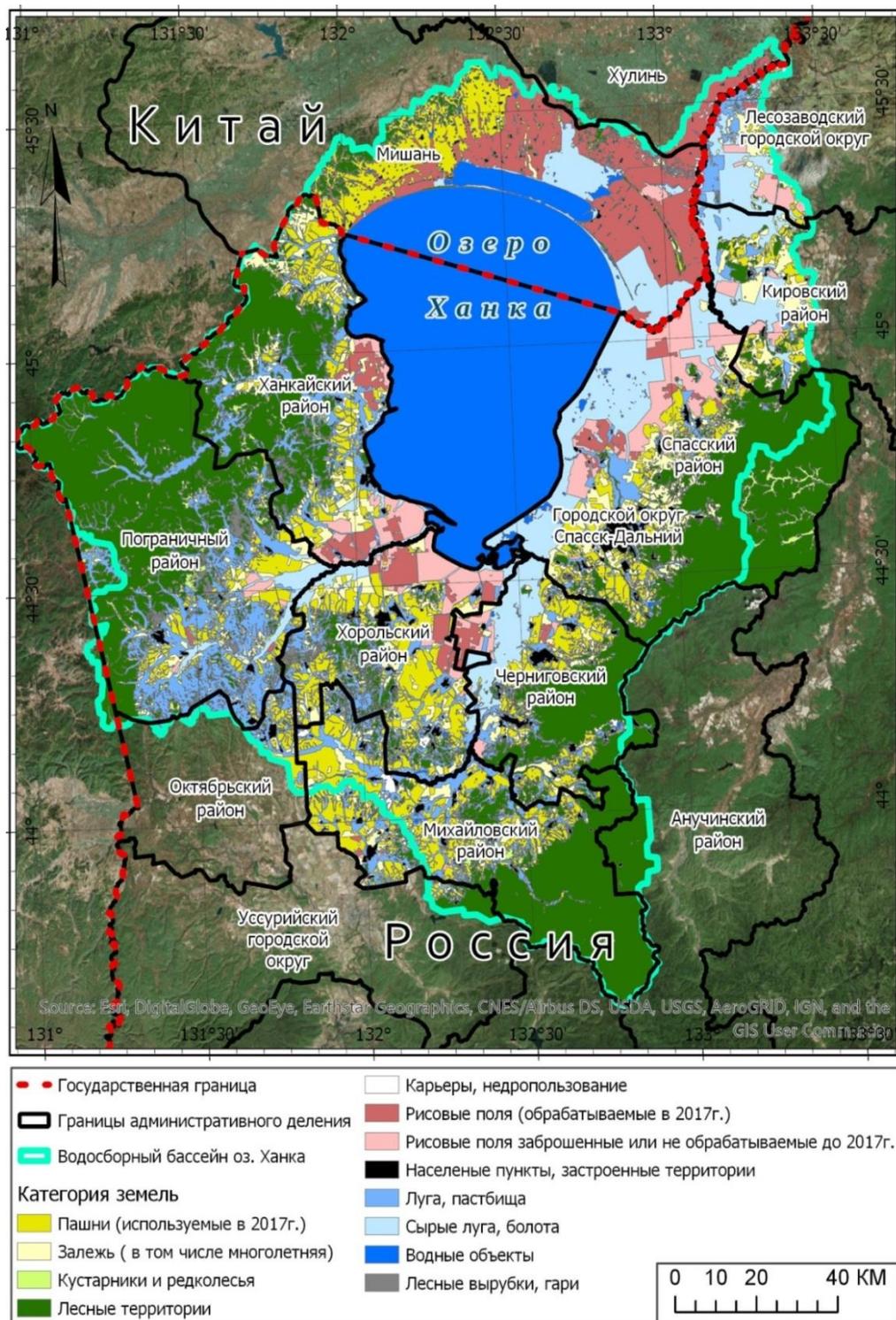


Рис. 1. Использование земель в трансграничном бассейне оз. Ханка в 2017 г.

Сельскохозяйственное природопользование было с начала активного заселения и хозяйственного освоения Приханкайской низменности во второй половине XIX в. и остается до настоящего времени одним из основных факторов преобразования природной среды в бассейне оз. Ханка. Именно с развитием

сельского хозяйства во второй половине XX в. в значительной мере связаны проблемы загрязнения вод и почв, а также антропогенное влияние на гидрологический режим озера. Вторым аспектом воздействия обусловлено созданием мелиоративных систем для выращивания риса в бассейне самого озера и искусственным регулированием стока в него за счет переброски вод из р. Мулинхэ [3]. В связи с этим отслеживание долговременной динамики обрабатываемых земель в бассейне озера Ханка является важной частью исследования структуры землепользования в его пределах.

Анализ исторических данных о динамике посевных площадей в муниципальных районах российской части бассейна озера Ханка и уезде Мишань показал, что за последние 80 лет они были подвержены значительным колебаниям. Динамика посевных по разные стороны границы имела ряд общих черт, например, максимальной площади данный показатель достигал по обе стороны границы в начале 1990-х гг. Затем последовал период сокращения посевов, длительность которого составила 10 лет на китайской территории и 20 лет – на российской. В настоящее время в российской части бассейна продолжается постепенное расширение посевных площадей, начавшееся в 2010 г. В уезде Мишань, согласно статистическим данным, после периода роста посевных с 2000 по 2010 гг. и небольшого их уменьшения к 2017 г., в 2019 г. произошел резкий 2-кратный скачок в размерах общей посевной площади (рис. 2). Значение показателя посевной площади в уезде в 2019 г. является рекордным за рассмотренный почти 80-летний период (с 1943 по 2019 г.).

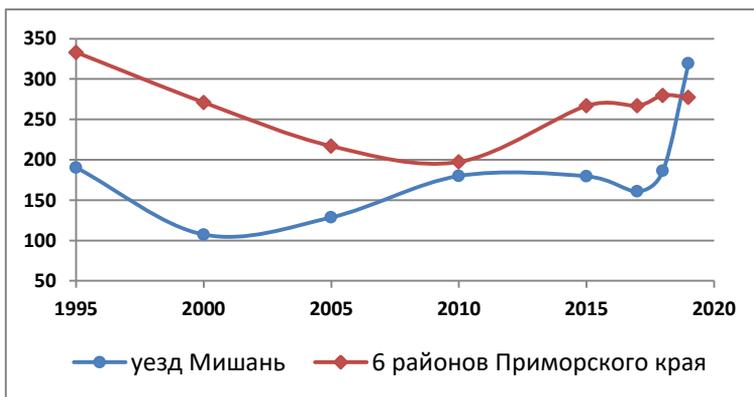


Рис. 2. Динамика посевных площадей в бассейна оз. Ханка (территории современных Ханкайского, Хорольского, Черниговского, Спасского, Михайловского, Пограничного муниципальных районов и ГО Спасск-Дальний Приморского края РФ) и уезде Мишань провинции Хэйлунцзян КНР за последние 25 лет, тыс га [1, 4, 5]

Поскольку уезд Мишань не полностью входит в Ханкайский водосбор, невозможно только по статистическим данным сказать каким образом столь значительные изменения в площади посевов отразились на структуре земель именно в китайской части бассейна. Поэтому для оценки этих изменений дополнительно было проведено визуально-экспертное дешифрирование комических снимков 2020 г. (Sentinel-2 и Landsat-8) на бассейн оз. Ханка с целью выделения территории обрабатываемых земель – суходольных пашен и рисовых полей. Анализ изменения площади обрабатываемых земель в бассейне озера по ДДЗ

показал, что в 2020 г. по сравнению с 2017 г. их площадь на российской территории увеличилась на 21,3 тыс. га, а на китайской – уменьшилась на 2,7 тыс. га. Такое расхождение данных, полученных при дешифрировании космических снимков, с данными статистики, показывающими значительный рост посевных в уезде Мишань, может означать, что основное увеличение площади посевов произошло в той половине уезда, которая расположена за пределами Ханкайского водосбора. Однако, учитывая фактическую общность бассейнов оз. Ханка и р. Мулинхэ [3], очевидно, что столь масштабное изменение площади обрабатываемых земель в уезде если не прямо, то опосредованно может оказывать влияние на геэкологическое состояние бассейна озера Ханка, в первую очередь в вопросах загрязнения вод и гидрологических аспектах, связанных с функционированием мелиоративных систем.

Для более полного понимания динамики использования земель трансграничного бассейна озера Ханка, а также для возможности сопоставления данных статистики и ДДЗ, необходимо расширение карты использования земель на всю территорию уезда Мишань. Для оценки изменений в структуре землепользования в бассейне ведется дешифрирование космических снимков 2019–2020 гг. с целью получения информации об изменении площади всех категорий земель в бассейне в дополнение к уже полученным сведениям об обрабатываемых землях.

В связи с наблюдающимся в последние годы расширением посевных площадей и наращиванием объемов производства в аграрном секторе, созданная карта использования земель бассейна оз. Ханка 2017 г. может быть полезна для оценки антропогенной измененности и трансформации природных комплексов трансграничного Ханкайского бассейна; мониторинга состояния природной среды; разработки рекомендаций и стратегии устойчивого, экологически сбалансированного территориального развития и планирования хозяйственной деятельности; разработки функционального зонирования рассматриваемой территории.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. База данных показателей муниципальных образований РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/bd\\_munst/munst.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm) (дата обращения: 01.03.2019).
2. Егидарев Е.Г., Базаров К.Ю., Мишина Н.В. Современное использование земель в бассейне озера Ханка // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории. Владивосток, 2019. С. 197–203.
3. Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы / Отв. ред. Ю.Н. Журавлев, С.В. Клышевская. Владивосток: Дальнаука, 2016. 284 с.
4. Heilongjiang Statistical Yearbook, 2006. Compiled by Heilongjiang Bureau of Statistics. China Statistics Press, Beijing, 2006. 543 p.
5. Heilongjiang Statistical Yearbook, 2020. Compiled by Heilongjiang Bureau of Statistics. China Statistics Press, Beijing, 2020. 574 p.

**БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
МАЛЫХ РЕК Г. ХАБАРОВСКА И ЕГО ОКРЕСНОСТЕЙ****Гаретова Л.А., Фишер Н.К.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия***BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF BOTTOM SEDIMENTS OF  
SMALL RIVERS OF KHABAROVSK AND ITS ENVIRONS****Garetova L.A., Fisher N.K.***Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** A comprehensive (chemical-analytical and microbiological) study of the state of bottom sediments (BS) of small watercourses in Khabarovsk and its environs was carried out. Most water bodies experience chronic hydrocarbon pollution. The maximum hydrocarbon load is experienced by the Chernaya Rechka river (the content of HC is 5081 mg/kg). Phytobenthic and bacterial communities are actively functioning in the valley of watercourses. The microbiological transformation of hydrocarbon and carbohydrate compounds into (BS) is accompanied by the formation and accumulation of various types of polar oxygen-containing organic compounds (alcohols, aldehydes, ketones, esters) that go beyond the concept of «petroleum products».

В гидрографической сети любого водосборного бассейна преобладают ручьи и малые реки. В России насчитывается свыше 2,5 миллионов малых рек, формирующих около половины суммарного объема речного стока, в их бассейнах проживает до 44% городского и почти 90% сельского населения страны. Главная особенность формирования стока малых рек – их очень тесная связь с ландшафтом бассейна, что и обуславливает их уязвимость при чрезмерном использовании не только водных ресурсов, но и водосбора. Малые реки выполняют функции регулятора водного режима ландшафтов, поддерживая равновесие и перераспределение влаги. Они определяют также гидрологическую и гидрохимическую специфику приемников их вод – средних и крупных рек. Донные отложения малых рек техногенных ландшафтов являются вторичными источниками поступления поллютантов в реку следующего порядка (например, за счет вторичного переотложения наносов, особенно в периоды паводков и половодий, и др.). В результате антропогенного воздействия происходят коренные изменения состава воды и донных отложений, появляются специфические вещества, губительные для естественного природного фона. В зонах влияния различных источников загрязнения идут процессы формирования техногенных речных илов – нового вида современных речных отложений, характеризующихся высокими концентрациями тяжелых металлов и органического вещества [2].

В процессах формирования органического вещества в донных отложениях (ДО) участвуют различные группы водных гидробионтов – водоросли, простейшие, водные насекомые. Особая роль принадлежит микробным сообществам, поскольку микроорганизмы могут одновременно синтезировать органическое вещество в виде своей биомассы, так и участвовать в процессах трансформации и деструкции широкого спектра природных и антропогенных органических соединений.

Объективная экоаналитическая оценка углеводородного загрязнения компонентов ландшафтов предполагает не только определение количественных

показателей нефтяного загрязнения относительно установленных нормативов, но и точную идентификацию загрязняющих веществ (ЗВ), не свойственных экосистеме в естественном (фоновом) состоянии.

Цель данной работы – исследование количественного и качественного состава ОВ и связанных с ним биотических компонентов в донных отложениях малых рек г. Хабаровска и его окрестностей.

Исследованные малые водотоки принадлежат к бассейну р. Амур и относятся к категории равнинных рек за исключением р. Красная речка и р. Осиновая, которые вплоть до устьевой части имеют горный характер (быстрое течение, гравийно-галечное дно). Питание малых рек весной осуществляется в основном талыми снеговыми водами. Водосборы рек подвержены различной степени антропогенного воздействия.

Исследования воды и ДО проводили в период осенней межени (октябрь 2017 г.). Пробы ДО отбирали пробоотборником «Burkle». Концентрацию  $C_{\text{орг}}$  в образцах ДО определяли фотометрическим методом после окисления органического вещества осадка сульфохромной смесью. Определение массовой доли УВ в ДО выполняли методом ИК спектроскопии. Хроматографические анализы углеводородов и летучих органических соединений (ЛОС) осуществляли в Центре экологического мониторинга ИВЭП ДВО РАН на газовом хроматографе Кристалл 5000.1 (Хроматэк, Россия) (аналитик Филиппова Г.М.).

Фотосинтетические пигменты в ДО определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре Shimadzu UVmini-1240 (Япония). Микробиологические анализы воды и донных отложений производили согласно общепринятым в микробиологии методам.

В табл. 1 представлена характеристика ДО малых водотоков г. Хабаровска и его окрестностей. Содержание  $C_{\text{орг}}$  в группе данных водотоков варьировало от 1,9 до 23,1 %. Максимальное содержание  $C_{\text{орг}}$  выявлено в р. Быково, минимальное в р. Осиновая. По содержанию УВ значительно выделяются р. Черная, а также реки Гнилая падь, Полежаевка и р. Березовая, в ДО которых УВ существенно превышают ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) нефтепродуктов (1000 мг/кг). Корреляции между содержанием  $C_{\text{орг}}$  и УВ не выявлено, что свидетельствует о различных источниках их поступления в водотоки.

Дополнительную информацию об источниках углеводородного загрязнения дает исследование молекулярного состава УВ. В отобранных донных отложениях были определены следующие характеристики: содержание легких метано-во-нафтенных ( $\Sigma C_{14-23}$ ) и нафтенных ( $\Sigma C_{24-34}$ ) УВ [1], а также содержание жидких низкомолекулярных *n*-алканов, характеризующих «свежее» нефтяное загрязнение.

Углеводородный состав рек Осиновая и Красная речка представлен исключительно фракцией легких жидких гомологов (табл. 2), что свидетельствует о постоянном поступлении нефтепродуктов. В остальных водотоках доля жидких *n*-алканов варьировала от 9,83 до 85,99 %, Минимальное содержание данной фракции выявлено в р. Быково. Здесь же выявлен наиболее широкий диапазон идентифицированных гомологов, среди которых высокомолекулярные *n*-алканы составляли 83,49 %. Высокомолекулярные гомологи доминировали и в ДО остальных рек и достигали высокого содержания – 65,01–86,43% в составе углеводородов рек Половинка, Матрениха, Полежаевка. Нечетные гомологи доминировали в составе *n*-алканов во всех водотоках кроме рек Быково и Матрениха, отношение нечетных к четным гомологам составляло 1,39–11,3, что указывает на определенный вклад УВ биотического происхождения в содержание

УВ определяемое методом ИК фотометрии как «нефтепродукты». В целом распределение *n*-алканов в ДО большинства водотоков указывает на наличие хронического загрязнения исследованных водных объектов углеводородами.

Таблица 1. Содержание  $C_{орг}$  и УВ в донных отложениях малых рек Хабаровска и его окрестностей

№	Водоток	Описание ДО	$C_{орг}$ , %	УВ, мг/кг
1	р. Быково	Черный ил с запахом $H_2S$ , с личинками хирономид и растительными остатками	23,1	785
2	р. Половинка	Песчанистый ил с включением гальки и растит. остатков	8,9	757
3	р. Осиновая	Песчано-гравийный грунт с наилком светло-коричневого цвета	1,9	105
4	р. Правая	Песчанистый ил	2,2	50
5	р. Матрёниха	Серый рыхлый ил с включением растит. остатков с личинками хирономид и микроводорослями (вода зеленого цвета)	4,1	877
6	р. Красная речка	Гравийно-песчаный грунт с наилком, гравий 0,3–1,5 см	3,3	268
7	р. Гнилая падь	Серый ил	3,7	1166
8	р. Чёрная	Черный ил с запахом $H_2S$	9,9	5081
9	р. Полежаевка	Илистый песок с включениями гравия и древесных остатков	3,1	1219
10	р. Берёзовая	Серый ил с включениями раст. остатков, с запахом $H_2S$	2,9	1768

Таблица 2. Содержание и состав *n*-алканов ДО малых рек г. Хабаровска

Параметры	Водотоки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sum C_8-C_{15}$ , %	3,41	13,17	100	54,18	11,16	100,0	32,28	9,83	85,99	42,00
$\sum C_{14}-C_{23}$ , %	3,39	2,06	–	–	–	–	5,40	–	5,41	9,88
$\sum C_{24}-C_{34}$ , %	83,49	65,01	–	41,29	86,42	–	22,48	86,43	14,01	42,64
$\frac{\sum C_{14}-C_{23}}{\sum C_{24}-C_{34}}$	0,04	0,31	–	–	–	–	0,24	–	0,39	0,23
Нч/ч	0,92	2,3	2,57	1,39	0,29	2,76	2,00	11,30	3,61	1,96

(–) – не обнаружены

Концентрации фотосинтетических пигментов в исследованных ДО колебались в достаточно больших диапазонах: хлорофилл «а» (хл *a*) – 10,27–213,45 мкг/г, хл *b* – 4,49–50,31 мкг/г, хл  $c_1+c_2$  – 3,27–28,65 мкг/г, сумма каротиноидов (кар.) – 17,79–147,01 мкг/г (табл. 3). Максимальное содержание суммы фитопигментов – 396,11 мкг/г выявлено в р. Красная речка, минимальное – в 39,42 и 39,92 мкг/г в реках Правая и Осиновая соответственно. В исследованных осадках содержание хл *a* было значительно выше, чем других хлорофиллов. Пигментное отношение (ПО), равное отношению суммы концентраций общих каротиноидов к концентрации хл *a* является показателем уровня функциональной активности фитоценоза. Повышение этого соотношения свидетельствует об угнетенном состоянии водорослей, либо о старении сообщества. Для водорослевых сообществ в оптимальных условиях ПО обычно не превышает 2–

5. Судя по содержанию и соотношению пигментов, первичная продукция вносит значительный вклад в содержание ОВ в ДО исследованных водных объектов.

Таблица 3. Содержание фитопигментов в ДО малых рек г. Хабаровска

№	Водоток	Хл <i>a</i>	Хл <i>b</i>	Хл <i>c</i>	Кар.	Сумма	ПО (E <sub>480</sub> /E <sub>664</sub> )
1	р. Быково	120,31	50,31	12,84	92,64	276,11	0,85
2	р. Половинка	70,43	13,57	7,65	58,64	150,29	0,93
3	р. Осиновая	12,13	4,49	4,09	19,21	39,92	1,75
4	р. Правая	10,27	8,10	3,27	17,79	39,42	1,86
5	р. Матрёниха	114,26	17,38	20,63	93,41	245,68	0,92
6	р. Красная речка	213,45	7,00	28,65	147,01	396,11	0,78
7	р. Гнилая падь	84,29	9,36	7,86	88,16	189,67	1,18
8	р. Чёрная	177,52	17,27	20,35	137,85	352,99	0,88
9	р. Полежаевка	19,45	8,62	6,49	31,31	65,86	1,77
10	р. Берёзовая	92,53	8,20	9,07	77,66	187,46	0,95

Общая численность гетеротрофных бактерий (ОЧГ) в воде исследованных водотоков колебалась от 2,7 до 488,0 тыс. КОЕ/мл. По численности показательной группы – сапрофитных бактерий (СБ) согласно ГОСТу 17.1.3.07-82 качество воды в реках Быково, Половинка, Осиновая, Правая соответствует категории II класса «чистые», в р. Красная речка вода III класса «умеренно загрязненная», воды рек Матрениха, Полежаевка, Березовая и Гнилая падь относятся к IV классу, категории «загрязненные», а вода р. Черная речка характеризуется V классом – грязная. В ДО ОЧБ составляла от 0,1 до 19,3 млн КОЕ/г и распределялась аналогично численности в воде. Максимальная численность всех групп бактерий, как в воде, так и в ДО выявлена в р. Черная речка. Несколько ниже численность бактерий была в реках с IV классом качества воды – Матрениха, Полежаевка, Гнилая падь, Березовая. В сообществах загрязненных рек резко возрастает численность фенолрезистентных (ФРБ) и нефтеокисляющих бактерий (НОБ), являющихся индикаторами загрязнения соответствующими поллютантами. Численность ФРБ в воде варьировала от 0,1 до 6,1 тыс КОЕ/мл, в ДО от 49 тыс до 2,2 млн КОЕ/г. Численность НОБ в воде рек изменялась незначительно – от 1,0 до 5,1 тыс КОЕ/мл, в ДО вариации изменчивости были значительно – от 0,5 до 20,4 млн КОЕ/г. Максимальные значения данных показателей были выявлены в р. Черная речка. Для исследованных водотоков отмечена высокая степень корреляции между содержанием в ДО углеводов и численностью НОБ ( $r=0,967$ ).

Результаты хроматографического анализа летучих органических соединений (ЛОС) показывают (табл. 4), что находящиеся в водоемах органические вещества разлагаются с выделением ряда таких соединений как метанол, ацетальдегид, ацетон, пропанол, этилацетат, бензол, изобутанол, толуол, бутилацетат, этилбензол, ксилолы и др., большинство этих веществ обладает характерным резким запахом и высокой токсичностью. Согласно Гигиеническим нормативам (ГН 2.1.5.2280-07) бензол, этилбензол принадлежат к 1 классу опасности, метанол – ко 2 классу опасности ксилолы – к 3 классу, толуол – к 4 классу опасности. В составе ЛОС большинства водотоков преобладают продукты анаэробного брожения: ацетальдегид и метанол, максимальное содержание последнего (1.41 см<sup>3</sup>) выявлено в р. Березовая.

Таблица 4. Летучие органические соединения в ДО малых рек г. Хабаровск

Компонент, мкг/см <sup>3</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ацетальдегид	0,20	0,14	0,08	0,16	0,22	0,09	0,22	0,22	0,11	0,61
Ацетон	0,05	0,06	0,01	0,05	0,05	0,03	0,05	0,05	0,03	0,30
Бензол	0,01	0,03	–	0,02	0,0002	0,0005	0,0001	–	0,0004	0,0028
Бутанол	–*	0,03	–	–	–	–	–	–	0,17	–
бутилацетат	–	0,003	–	–	–	–	–	0,01	0,003	–
Изобутанол	–	0,003	–	–	–	–	–	–	–	–
Гексан	0,12	0,02	–	–	0,60	–	–	0,47	–	0,0043
Изопро- пилбензол	–	0,003	–	–	–	–	0,0003	–	0,0024	–
Пропанол-1	–	–	–	0,02	–	–	–	–	–	–
Пропанол-2	0,11	–	0,005	0,08	0,03	–	0,074	–	–	2,67
Метанол	0,94	0,68	0,14	0,22	0,06	0,08	0,06	0,15	–	1,41
М-ксилол	–	0,006	–	–	–	–	–	–	0,09	–
О-ксилол	0,001	0,004	0,001	0,0004	0,0007	0,001	0,0013	0,0011	–	–
П-ксилол	–	0,005	–	–	–	–	–	–	–	0,0015
толуол	–	0,002	0,0001	–	0,0064	–	0,002	0,71	0,0002	0,032
этилацетат	0,027	0,025	0,002	0,006	–	–	0,0023	–	0,0006	0,0063
этилбензол	–	0,002	–	–	0,0003	–	–	–	–	–

\*прочерк – не обнаружено

Проведенное исследование показало, что органические вещества, аккумулярованные в донных отложениях малых водотоков и подвергающиеся микробиологической трансформации приводят к вторичному загрязнению водной среды, что значительно ухудшает экологическую обстановку как в самих водотоках, так и в приемнике их вод р. Амур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродский, Е.С., Буткова, О.Л., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б. и др. Идентификация источников разлива нефтепродуктов в почве и донных отложениях методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии // Масс-спектрометрия. 2010. № 7(2). С. 139–146.
2. Янин Е.П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). М.: НП «АРСО» 2018. 415 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Зайцев А.В., Макаревич К.С., Каминский О.И.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## PROSPECTS OF USING PHOTOCATALYSTS FOR WASTEWATER TREATMENT AT AUTOMOTIVE REPAIR PLANTS

Zaitsev A.V., Makarevich K.S., Kaminsky O.I.

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The paper shows the possibility of application of photocatalytic water treatment method as applied to model effluents of car repair plants containing ethylene glycol. The influence of functional components of automobile coolants on total efficiency of photooxidation was considered. It has been revealed that the presence of organic dyes in automobile coolants with absorption areas coinciding with the absorption areas of photocatalysts reduces the overall efficiency of photooxidation processes.

В настоящее время стремительные темпы развития промышленного производства способствуют формированию ряда глобальных экологических проблем, в частности связанных с загрязнением природных водных объектов растворимыми органическими соединениями [1]. Накопление в водной среде стойких к саморазложению органических загрязняющих веществ (ОЗВ) в перспективе может способствовать развитию потенциальных угроз для здоровья человека и водных экосистем. Существует большое разнообразие методов водоочистки от ОЗВ, успешно применяющихся в различных областях хозяйственной деятельности человека. Однако для очистки от некоторых стойких ОЗВ в реальных промышленных стоках большинство из данных методов считаются недостаточно эффективными. Одним из перспективных в настоящее время методов очистки воды от растворенных ОЗВ является метод фотокаталитической водоочистки. Данный метод сочетает в себе простоту использования, экономическую эффективность и экологическую безопасность. Сущность фотокаталитического метода водоочистки сводится к эффективному преобразованию энергии солнечного излучения полупроводниковым фотокатализатором с последующей генерацией в водной среде высокоактивных частиц (атомарный и пероксидный кислород, гидроксильные радикалы), способных разрушать стойкие ОЗВ до безопасных соединений, таких как вода и углекислый газ [2]. Наличие большого разнообразия органических загрязнителей, оказывающих негативное влияние на водные экосистемы [3], требует объективных научных подтверждений гидроксильные радикалы использующихся методов водоочистки для их обезвреживания. Существующие нормативно правовые основы для правильной утилизации сточных вод различных предприятий в реальности не всегда соблюдаются, и загрязненные стоки могут напрямую быть сброшены в окружающую среду. Игнорирование норм природоохранного законодательства, в особенности малыми частными предприятиями, является большой проблемой современных урбанизированных территорий, в частности с хорошо развитой транспортной системой. Наличие большого количества автомобилей в городских агломерациях провоцирует активное развитие частного авторемонтного бизнеса, выполняющего широкий круг работ по техническому сопровождению автомобилей.

Наиболее распространенным видом авторемонтных работ является периодическая замена технических жидкостей автомобилей (тормозные, охлаждающие, горюче-смазочные жидкости и т.д.), что приводит к накоплению на авторемонтном предприятии больших объемов отработанных экологически опасных технических жидкостей. Наибольшую опасность автомобильные технические жидкости представляют в том случае, если в состав их компонентов входят токсичные органические вещества, способные растворяться в воде. К таким техническим жидкостям, в первую очередь, относятся охлаждающие технические жидкости автомобилей, содержащие в своем составе от 40 до 60% по массе этиленгликоля (ЭТ). Согласно гигиеническому нормативу ГН 2.1.5.689-98 [3], ПДК этиленгликоля в воде составляет 1 мг/л, а ПДК для вод рыбохозяйственного значения [4] (ПДК<sub>в.р.</sub>) составляет 0,25 мг/л и 0,5 мг/л для пресной и морской воды соответственно. Таким образом, теоретический неконтролируемый слив отработанной охлаждающей жидкости ( $\approx 50\%$  ЭТ) из  $\approx 5$  легковых автомобилей с объемом системы охлаждения в среднем 5 литров может превысить норму по ЭТ до 2 ПДК<sub>в.р.</sub>, например, в рыболовном пруде парка Северный (г. Хабаровск) с ориентировочным объёмом около 24000 м<sup>3</sup>. В связи с этим, основной целью данного исследования является оценка перспектив метода фотокаталитической водоочистки модельных сточных вод авторемонтных предприятий, содержащих ЭТ.

В качестве модельных сточных вод авторемонтных предприятий использовались растворы трех промышленных охлаждающих жидкостей (ОЖ) зарубежного и отечественного производства марок Rinkai и ТОСОЛ соответственно. Исходное содержание ЭТ в данных технических жидкостях составляло 45–55% по массе. Модельная смесь готовилась путем смешивания 50 мл промышленной ОЖ с 200 мл дистиллированной воды. В связи с разным содержанием ЭТ в ОЖ разных производителей, оценка эффективности фотокатализа производилась путем отслеживания падения интенсивности пика (668 нм) в спектре поглощения вещества «свидетеля» (метиленовый синий), добавленного в каждый исследуемый раствор в количестве 10 мкмоль/л. В качестве фотокатализаторов использовались порошки эталонных фотокатализаторов (50 мг): оксида цинка и оксида титана в форме анатаза. Источником фотостимулирующего излучения служила металлогалогеновая лампа близкого к солнечному спектру излучения (310–800 нм) при плотности мощности – 800 Вт/м<sup>2</sup>. Для учета сорбционных процессов фотокаталитическая система выдерживалась в темноте в течение 1 часа. После центрифугирования пробы спектры поглощения растворов ОЖ исследовались на спектрофотометре Shimadzu UV-1240 в ЦКП «Центр экологического мониторинга» при ИВЭП ДВО РАН.

Согласно технической документации в составе охлаждающих автомобильных жидкостей можно выделить следующие компоненты: вода, ЭТ, органический краситель и набор антикоррозионных органических присадок. Смесь воды и ЭТ выполняет главную функцию данной жидкости и является теплоносителем в широком температурном диапазоне окружающей среды от -60°C до +50°C. Соотношение воды к ЭТ в разных марках ОЖ определяет температуру замерзания и коэффициент расширения при замерзании данной жидкости внутри системы охлаждения автомобиля. Органический краситель добавляется для того, чтобы маркировать ОЖ в зависимости от температуры замерзания, а также для быстрого выявления течи из систем охлаждения автомобилей. В зависимости от цвета модельного стока ОЖ в работе приняты обозначения: зеленая марки

Rinkai – «З»; красная марки Rinkai – «К»; синяя марки ТОСОЛ – «С». Спектры ОЖ исследуемых в работе с добавлением метиленового синего (МС) и без него представлены на рисунке 1 а, б. Состав и количество антикоррозионных присадок является коммерческой тайной производителей и трудно поддается идентификации.

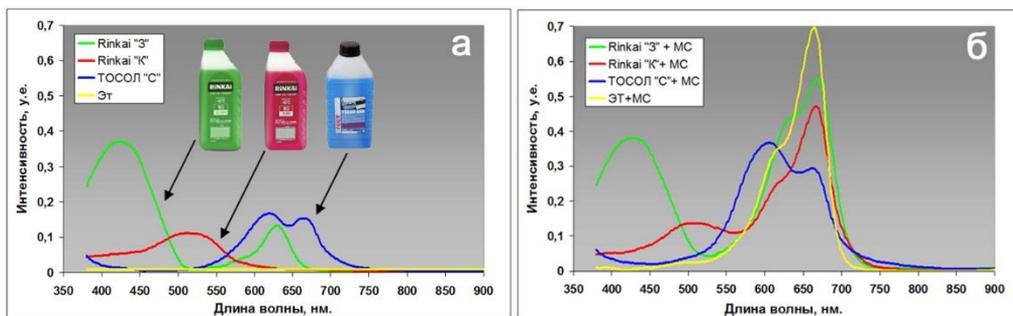


Рис 1. Спектры поглощения ОЖ и ЭТ: а) исходные; б) с добавлением МС

Главной особенностью рассматриваемого метода водоочистки является поглощение света фотокаталитическим материалом и его преобразование в энергию химического взаимодействия электронной структуры фотокатализатора с молекулами воды. Как известно, органические молекулы также способны поглощать свет различного диапазона длин волн и, соответственно, конкурировать, как между собой, так и с фотокатализатором за кванты электромагнитной энергии. При использовании разных фотокатализаторов или разных органических загрязнителей совпадение их областей поглощения могут приводить к замедлению фотокаталитического процесса водоочистки. В данной работе в качестве фотокатализаторов были выбраны полупроводниковые материалы, способные поглощать кванты света до 400 нм, такие как оксид цинка и оксид титана. В качестве вещества «свидетеля» был выбран метиленовый синий (МС) с малоинтенсивной областью поглощения в диапазоне от 200 до 340 нм, перекрывающейся с областью поглощения фотокатализатора и высокоинтенсивной областью поглощения от 500 до 700 нм, находящейся вне области поглощения фотокатализатора. Таким образом, были проведены сравнительные исследования скорости фотоокисления вещества «свидетеля» в присутствии ОЖ разных производителей на двух эталонных фотокатализаторах в условиях конкуренции между метиленовым синим и органическими компонентами ОЖ за окислительные частицы, продуцируемые фотокатализатором. На рисунке 2 а–з представлена динамика изменения спектров поглощения смесей ОЖ с МС в зависимости от времени фотоокисления на оксиде титана и оксиде цинка в сравнении с фотоокислением МС в присутствии только ЭТ с концентрацией 0,1 мг/л. Исследуемые концентрации ЭТ и ОЖ, соответствующие  $\approx 0,4$  ПДК<sub>в.р.</sub>, были экспериментально подобраны исходя из близости значений интенсивности максимальных линий поглощения в спектрах красителей ОЖ и в спектре МС, концентрация которого была выбрана исходя из общепризнанных стандартов для фотокаталитических исследований и соответствовала 10 мкмоль/л [5].

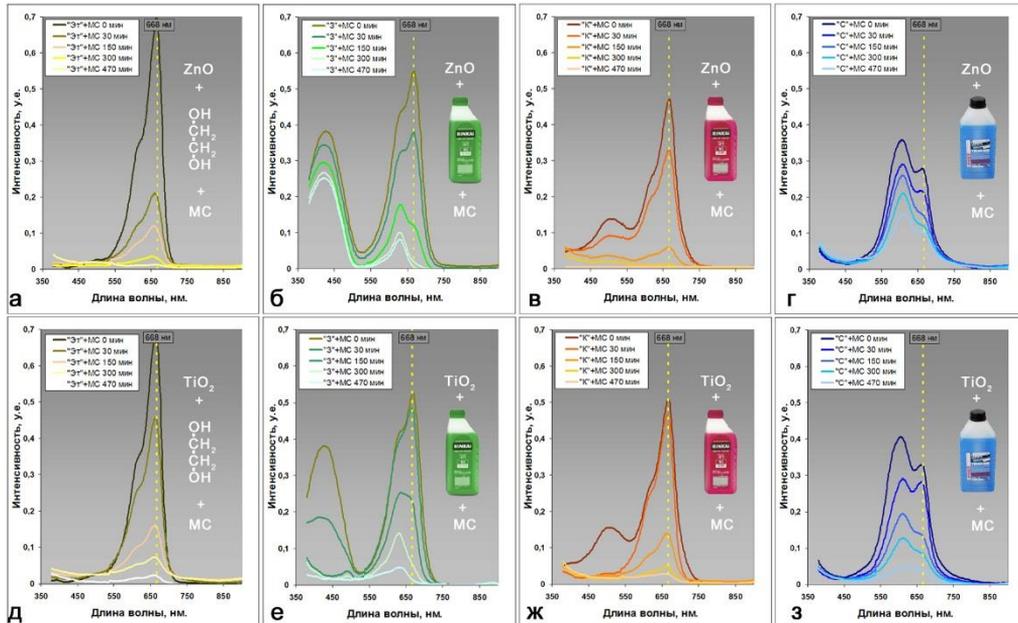


Рис 2. Спектры поглощения растворов ОЖ и ЭТ с добавлением МС после воздействия фотокатализаторов: а) ZnO+ЭТ+МС; б) ZnO+«З»+МС; в) ZnO+«К»+МС; г) ZnO+«С»+МС; д) TiO<sub>2</sub>+ЭТ+МС; е) TiO<sub>2</sub>+«З»+МС; ж) TiO<sub>2</sub>+«К»+МС; з) TiO<sub>2</sub>+«С»+МС

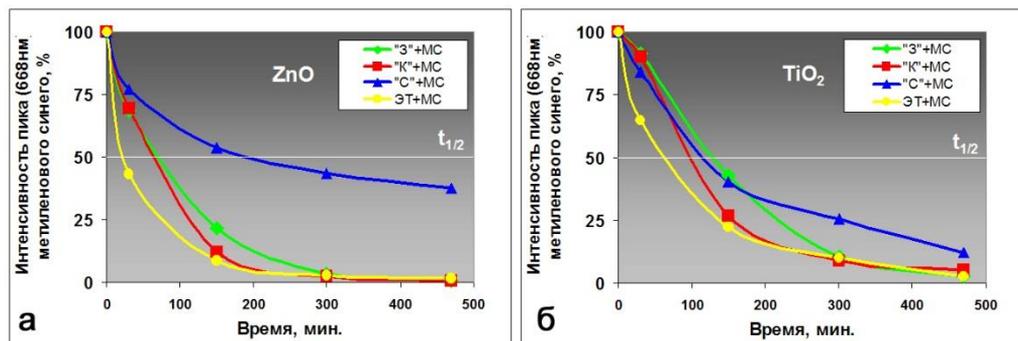


Рис. 3. Оценка эффективности фотоокисления вещества «свидетеля» – МС в присутствии промышленных ОЖ и ЭТ при фотоокислении на: а) оксиде цинка; б) оксиде титана

Анализ рисунка 2 показывает, что скорость фотокаталитического процесса для представленных марок антифриза в условиях фотоокисления на оксиде цинка и оксиде титана снижается по сравнению с фотоокислением модельного раствора ЭТ и МС в каждой из соответствующих серий экспериментов с разными фотокатализаторами. В первую очередь, данная закономерность объясняется присутствием органических красителей и антикоррозионных присадок в составе промышленных антифризов, которые конкурируют с фотокатализатором за кванты электромагнитного излучения, тем самым снижая эффективность фотокаталитической водоочистки. Фотоокисление МС в присутствии «З» и «К» охлаждающих жидкостей имеет одинаковые закономерности в серии с разными фотокатализаторами и происходит наиболее интенсивно в присутствии оксида цинка (рис. 3). В свою очередь, фотоокисление МС в присутствии отечествен-

ной ОЖ – «С» происходит значительно медленнее по сравнению с фотоокислением МС в присутствии зарубежных ОЖ и наиболее интенсивно наблюдается на оксиде титана согласно времени полупревращения МС –  $t_{1/2}$  (рис 3 а, б). Снижение скорости фотоокисления МС в присутствии «С», вероятно, может быть объяснено наличием в его составе глицерина, который отсутствует в зарубежных ОЖ, в соответствии с указанными производителями составами ОЖ.

Показано, что наличие функциональных компонентов в промышленных охлаждающих жидкостях снижает общую эффективность их фотоокисления в случаях, когда области поглощения данных компонентов совпадают с областями поглощения света полупроводниковыми фотокатализаторами. В свою очередь, полное разложение вещества «свидетеля» (МС) в условиях конкурентного окисления с компонентами охлаждающих жидкостей подтверждает перспективы использования метода фотокаталитической водоочистки от стоков авторемонтных предприятий, содержащих ЭТ. Для установления точных закономерностей фотоокисления этиленгликольсодержащих автомобильных жидкостей необходимы исследования фотоокисления отработавших срок эксплуатации жидкостей, загрязненных дополнительными компонентами (ионы металлов, масла, накипи и т.д.), что будет являться продолжением данных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zaitsev A.V., Kirichenko E.A., Kaminsky O.I., Makarevich K.S. Investigation into the efficiency of photocatalytic oxidation of aqueous solutions of organic toxins in a unit with an automatically cleaning bismuth-silicate photocatalyst//J. of Water Process Engineering. 2020.Т. 37. С. 101468.
2. Makarevich K.S., Zaitsev A.V., Kaminsky O.I., Kirichenko E.A., Astapov I.A. Catalytic activity of a composition based on strontium bismuthate and bismuth carbonate at the exposure to the light of the visible range// International Journal of Chemical Engineering. 2018. Т. 2018. С. 4715629.
3. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
4. Приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 10 марта 2020 года)
5. ISO 10678:2010 Determination of the photocatalytic activity of tiles by the degradation of methylene blue based on //Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films IST

---

---

**ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ  
В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО АМУРА (ЗАБАЙКАЛЬЕ)  
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕНЕЗА**

**Клишко О.К.**

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия*

**CHANGE OF WATER ECOSYSTEMS STATE  
IN THE UPPER AMUR BASIN (TRANSBAIKALIA)  
UNDER INFLUENCE OF THE TECHNOGENESIS**

**Klishko O.K.**

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

**Abstract.** At present, in the region of new development of the mining industry on the territory of Transbaikalia, technogenic pollution is a significant problem for the sustainable development of the region. Chemical elements with priority role of heavy metal (HM) are removed from the technogenic systems formed by dump, tailings and products of chemical processing of ores come with drainage and mudflows to aquatic ecosystems. HM concentrations in the water of rivers Ingoda, Shilka, Argun in the Upper Amur Basin were very dynamic in 2009–2019 years at the all observation points. According to research data, rivers pollution is chronic with a trend of increase. The problem of changing the state of aquatic ecosystems under the influence of the technogenesis requires a solution with adoption of real management measures and technical solution to reduce the adverse effects and ecological risk for aquatic ecosystems

В современное время в регионах нового освоения горнодобывающей промышленности техногенное загрязнение природных ландшафтов приобретает острый негативный характер. В Забайкальском крае с высоким потенциалом природно-минеральных ресурсов (золоторудные, медные, железо-титановые, молибденовые, мышьяковые, редкометальные, полиметаллические, урановые руды) в результате производственной деятельности образуется и скапливается значительное количество техногенных отходов, в том числе токсичных. Виды и величина отходов на территории края определяются, прежде всего, историческими особенностями ее промышленного освоения, а также условиями современного гражданско-промышленного и дорожно-транспортного строительства [1]. Техногенные отходы (около 2,9 миллиардов тонн) образованные отвалами бедных и некондиционных руд, хвостами флотационного и гравитационного обогащения, продуктами химической переработки руд цветных металлов, представляют существенную проблему для устойчивого развития края, поскольку их количество продолжает увеличиваться. Несовершенство технологии по освоению недр привели к тому, что содержание полезных компонентов в отходах иногда выше, чем в недрах обрабатываемых месторождений. В ряде случаев извлечение основного компонента не превышало 50%, а попутные компоненты совершенно не извлекались. Не извлеченные компоненты, вследствие резкого изменения физико-химической обстановки, становятся весьма подвижными и под воздействием водной и ветровой эрозии и поступают в водные объекты, оказывая негативное воздействие на биотическую составляющую водных экосистем.

В составе техногенных потоков, поступающих в водную среду, приоритетная роль принадлежит тяжелым металлам (ТМ), которые относятся к наиболее опасным токсикантам. По характеру влияния на живые организмы они выделяются ярко выраженным кумулятивным эффектом и токсическим действием [2]. Проблема токсического загрязнения вод ставит задачи оценки, контроля и прогноза изменения их качества для принятия мер по предотвращению или снижению неблагоприятных последствий загрязнений и экологического риска для водных экосистем.

Изменение состояния водных экосистем в бассейне Верхнего Амура исследовалось по гидрохимическим данным за последнее десятилетие (2009–2019 гг.) Реки в этом регионе подвержены интенсивному техногенному загрязнению. На территории Забайкалья в регионах нового освоения образуются многочисленные отвалы вскрышных пород, хвостохранилища, карьеры. Природные ландшафты в зонах геотехногенеза трансформируются в техногенные (Рис. 1). Почвы под отвалами, хвостохранилищами и вокруг них существенно трансформируются: подкисляются, обогащаются рудными компонентами, и под воздействием атмосферных осадков и поверхностных вод становятся подвижными. Техногенные процессы в районах горнорудных предприятий при дроблении руд и пород в ходе добычи и обогащения резко интенсифицируют скорость и механизм природных геохимических процессов. Химические элементы, в том числе токсичные ТМ выводятся из техногенных систем и поступают с дренажными и селевыми потоками в водные экосистемы. Основная масса элементов, поступающих в водные объекты от горнодобывающих предприятий по степени опасности, относится ко 1–2 и 4–5 классу. В их числе Hg, Cd, Pb, Ni, Cr, Co, Cu, Zn, Mo, V обладают высокой токсичностью по отношению к живым организмам даже при их низких концентрациях в водной среде.

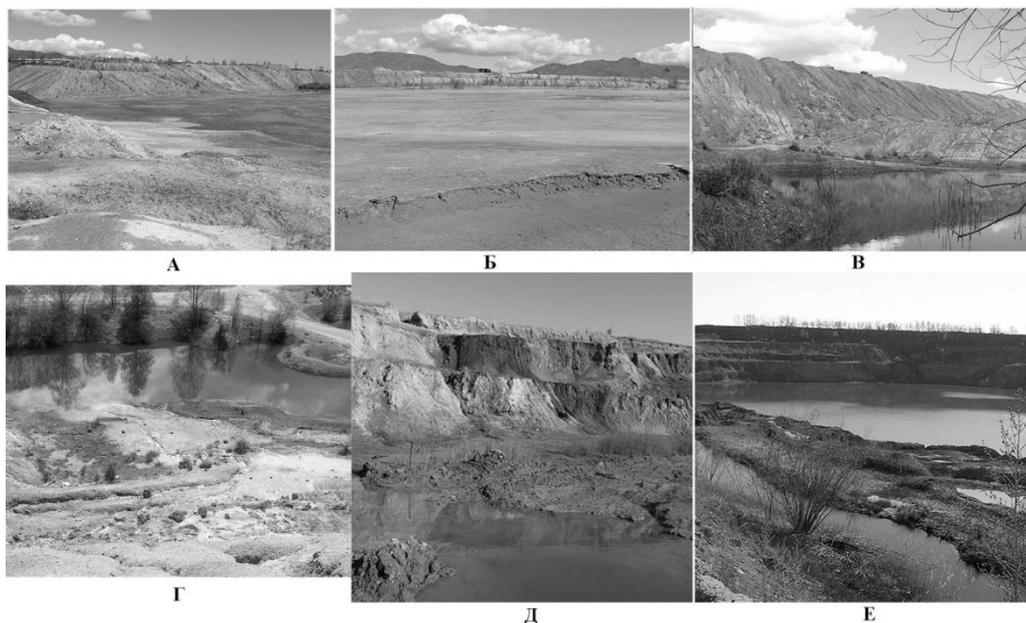


Рис. 1. Техногенные ландшафты: А–Б – хвостохранилища золотоизвлекающих фабрик, В – отвалы, Г – селевые потоки с отвалов, Д–Е – карьеры

Данные по многолетней динамике содержания химических элементов в воде основных рек бассейна Верхнего Амура – Ингода, Шилка и Аргунь за 2009–2019 гг. получены из базы данных УГМС по Забайкальскому краю за [3]. Анализировались данные по всем датам сбора в точках постоянных наблюдений, рассчитывались средне сезонные и среднегодовые величины концентраций отдельных элементов и их суммарных величин. Суммарное содержание ТМ в этих реках значительно колебалось в смежные годы и по течению рек от верхнего к нижнему (ст. 1–6) в р. Ингода, (ст. 7–12) в р. Шилка и (ст. 13–15) в р. Аргунь (рис. 2). Это связано как с природными явлениями (ливни, паводки, наводнения), так и с разным уровнем техногенного влияния (закрытие старых и разработка новых участков месторождений, размыв отвалов и хвостохранилищ и др.).

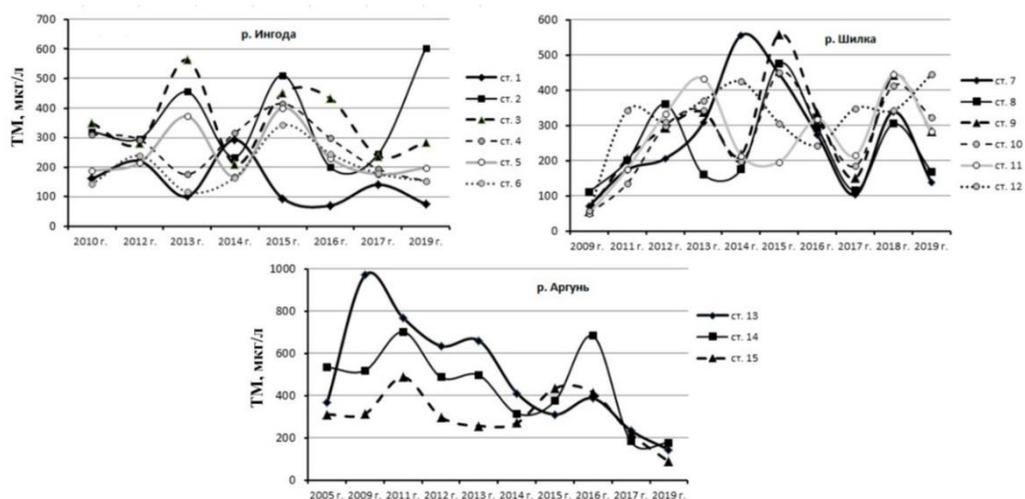


Рис. 2. Межгодовая динамика суммарного содержания ТМ в воде исследованных рек

Химические элементы выводятся из геотехногенных систем и поступают с дренажными и селевыми потоками в водные экосистемы. Концентрации исследованных элементов в воде рек бассейна Верхнего Амура имели весьма динамичный характер в смежные годы и по всем станциям наблюдения в реках (Рис. 3). Заметное повышение концентраций Fe отмечено с 2009 по 2019 гг. в реках Ингода и Шилка, превышая от 7 до 50 ПДК [1], в то время как концентрации Mn, Zn и Cu в реках Ингода, Шилка и Аргунь в те же годы значительно снижались. В р. Шилка с 2012 по 2018 гг. заметно увеличивалось содержание Co, Cr и Pb.

По данным гидрохимических анализов содержание ТМ в исследуемых реках в последние годы было оценено как высокое и качество вод рек от загрязненных до очень грязных. Для адекватной оценки интенсивности техногенного загрязнения водных экосистем полезно проводить комплексные исследования с использованием гидрохимических методов и надежных индикаторов, принадлежащих биотической составляющей экосистем. Экологически значимым компонентом водных экосистем признаны двустворчатые моллюски, как наиболее чувствительные к загрязнениям организмы. В их числе беззубки *Sinanodonta* оказались хорошими биоиндикаторами изменения условий среды в р. Шилка в

пространстве и времени от прошлого до настоящего [4]. Это основано на следующих факторах: малоподвижный образ жизни в локальных местообитаниях, способность фильтровать большие объемы воды, накапливая в теле и раковине высокие концентрации содержащихся в воде химических элементов, реагируя на изменения их содержания в водной среде.

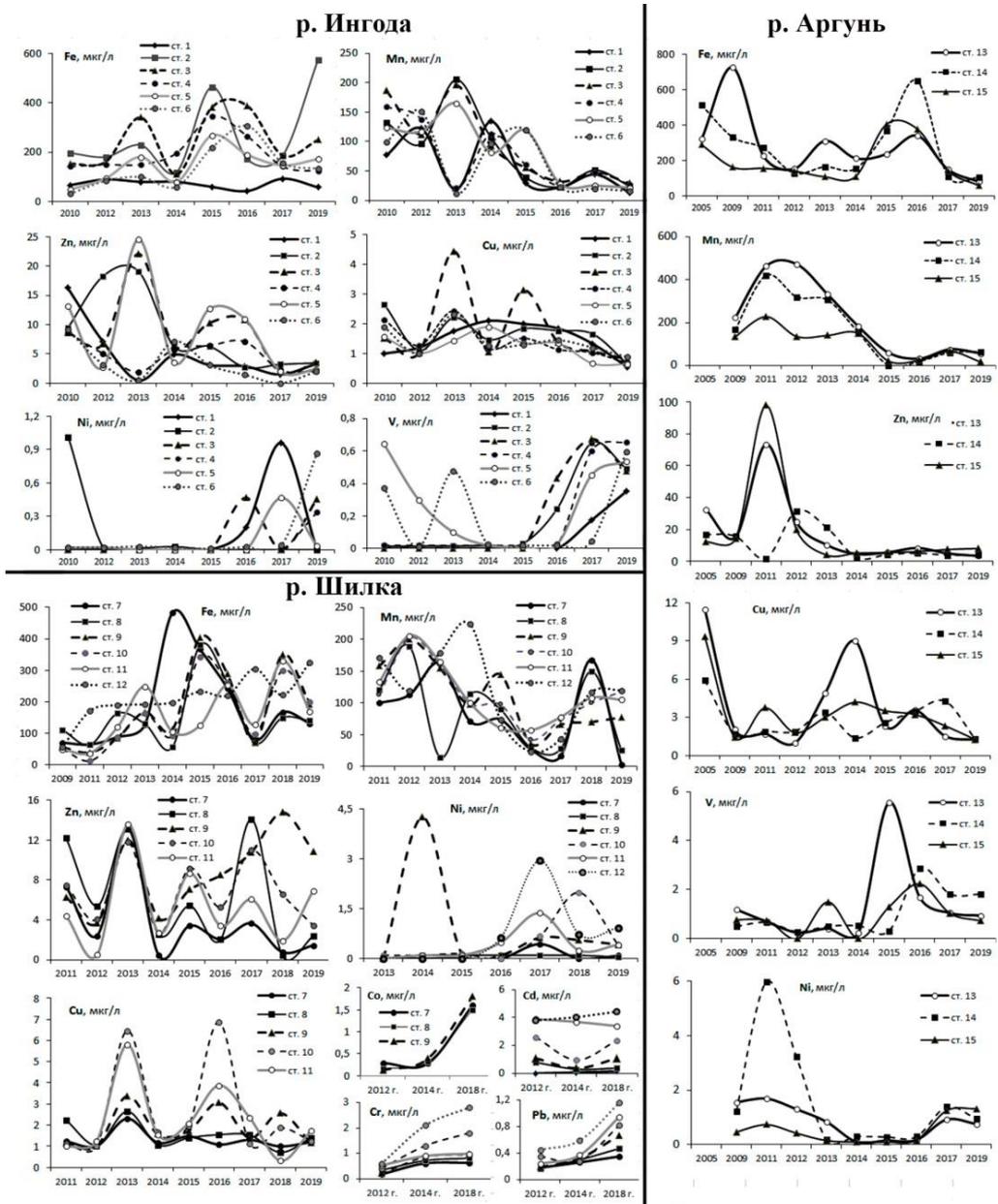


Рис. 3. Межгодовая динамика основных загрязняющих элементов в реках бассейна Верхнего Амура: р. Ингода (станции 1–6), р. Шилка (станции 7–12), и р. Аргунь (станции 13–15)

Главным фактором, определяющим состав и накопление ТМ у моллюсков, являются гидрохимические условия, которые не одинаковы не только в разных речных бассейнах, но и в разных частях одного бассейна и даже одной реки [5].

Биогеохимический анализ раковин моллюсков используют для исследования изменения состояния водной среды за длительный период времени. Выявленная связь между накоплением ТМ в раковине и их содержанием в воде позволяет вычислить концентрации ТМ в воде по их накоплению в раковине. Так по накоплению ТМ в раковинах моллюсков *Sinanodonta shrenkii*, собранных из археологических раскопок на берегах р. Шилка были рассчитаны вероятные концентрации ТМ в воде в позднем голоцене (около 2000 лет назад) [5]. По расчетным данным вероятные концентрации ТМ в воде в то время составляли 87–144 мкг/л. Их фактические значения в настоящее время, увеличились от 154 до 548 мкг/л под воздействием техногенного загрязнения.

В Забайкальском крае ситуация с образованием, использованием и хранением отходов в зонах техногенеза остается весьма сложной. Отходы, образующиеся в результате производственной деятельности горнодобывающей промышленности, составляют существенную проблему для устойчивого развития края. Решение этой проблемы состоит не только в оценке, контроле и прогнозе изменения качества окружающей среды, но и в принятии реальных управленческих мер и технических решений по предотвращению или снижению неблагоприятных последствий загрязнений и экологического риска для водных экосистем. Эти важнейшие задачи должны носить ответственный, щадящий и оберегающий природу характер для защиты окружающей среды и человека, их экологической безопасности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклады Министерства Природных Ресурсов и Экологии по Забайкальскому краю. Чита, 2014–2019.
2. Ежегодники качества поверхностных вод и эффективное проведение водоохраных мероприятий ФГБУ Забайкальское УГМС (Гидрометеослужбы) по Забайкальскому краю за 2010–2019 гг.
3. *Никаноров А.М., Жулидов А.В.* Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 312 с.
4. *Клишко О.К.* Функциональный отклик двустворчатых моллюсков (Bivalvia: Unionidae) как компонента водных экосистем на антропогенные загрязнения. //Разнообразии почв и биоты Северной и Центральной Азии. Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием. Улан-Удэ 15–18 июня. БНЦ СО РАН, 2021. С. 112–114.
5. *Klishko O.K.* Method of biogeochemical diagnostics of heavy metals accumulation in mollusks (Unionidae) and estimation of their ecological condition (The case of the Amur River, Russia) // Journal of Environmental Science and Engineering A., 2013 Vol. 2(2): 112–126.

**МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД МЕТОДОМ  
ХРОМАТОМАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ****Кондратьева Л.М.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия***MONITORING OF NATURAL WATER POLLUTION BY THE METHOD  
CHROMATOMASS SPECTROMETRY****Kondratyeva L.M.***Institute of the water and ecology problems, FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The article discusses the rationale for the need to introduce periodic seasonal analysis (every three to four years) of the composition of individual organic toxic substances in the system of regional monitoring of the quality of natural waters in the Amur Region to identify priority pollutants using modern mass spectrometry methods in combination with gas- and high-performance liquid chromatography. On the example of assessing water quality in the trans-boundary section of the Amur River shows the risks of using integral indicators of the content of toxic organic substances and calculated coefficients of the level of pollution of natural waters in the region.

Глобальная урбанизация и промышленное развитие во многих странах привели к загрязнению поверхностных и подземных вод, ухудшению их качества. Появилась острая потребность в быстрой, недорогой и адекватной оценке качественного состава природных вод. Обычные методы измерения качества воды с использованием традиционных интегральных показателей оказались длительными, дорогими и неэффективными. Согласно накопленному опыту в систему мониторинга стали включать современные спектральные и хроматографические методы оценки основных загрязнителей, широко внедряются сенсорное оборудование и искусственный интеллект, которые в режиме реального времени, позволяют отслеживать общие тенденции качества воды, состав индивидуальных загрязнителей и обнаруживать аномальные события, включая аварийные сбросы [3].

Поверхностные воды и подземные водоносные горизонты подвергаются загрязнению тысячами различных органических веществ (ОВ) промышленного, фармацевтического, сельскохозяйственного и природного происхождения. Традиционно для контроля качества воды использовались аналитические методы определения интегральных показателей содержания органических веществ, основанные на потреблении кислорода, суммарного содержания фенолов и углеводородов нефти. Постепенно ключевым методом анализа состояния природных вод становится масс-спектрометрия в сочетании с газовой или жидкостной хроматографией (ГХ-МС и ЖХ-МС). Этот метод позволяет обнаруживать широкий спектр полярных и нелетучих соединений, повышает специфичность и достоверность идентификации индивидуальных соединений, различных групп микрозагрязнителей с высоким уровнем опасности (метаболиты взрывчатых веществ, современные пестициды и часто используемые медицинские препараты).

В настоящее время химический мониторинг на основе интегральных показателей и некоторых приоритетных веществ не учитывает новые классы загрязнителей окружающей среды, не говоря уже о неизвестных химических веще-

ствах, которые могут способствовать экологическому риску в составе сложных смесей, присутствующих в водной среде. Для адекватной оценки воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду и выявления риска для здоровья человека рекомендуется дополнять мониторинг по гидрохимическим показателям широкомасштабным целевым, и нецелевым скринингом индивидуальных соединений на основе данных масс-спектрометрии (МС) с высоким разрешением. Благодаря этому методу можно обнаружить новые соединения и продукты их трансформации, проводить ретроспективный мониторинг и определять возможные факторы риска, вследствие выявления токсичных микропримесей. В перспективе предполагается найти корреляции между рядом обычных веществ и токсичными соединениями, разработать модели ожидаемых эффектов для будущих сценариев и прогнозов [4].

Согласно новой парадигме, принятой в Европейском союзе, понятие химическое загрязнение намного шире, чем определение выбранных приоритетных показателей и специфичных для бассейнов рек загрязнителей. Особое значение приобретает анализ компонентного состава смесей, который важен для раннего предупреждения новых загрязнений, распознавания нежелательных тенденций в их распространении, и принятия эффективных мер управления. Положительный опыт применения системы подробного скрининга сложных смесей имеется в бассейне Рейна. Постоянный обмен результатами мониторинга между контролирующими, регулирующими органами, промышленными и научно-исследовательскими лабораториями значительно повышает вероятность успешной идентификации соединений, а также способствует пониманию механизмов их трансформации и миграции в водных экосистемах [5].

Для определения качества воды и прогнозирования загрязнения водных объектов различными органическими веществами в Приамурье по-прежнему используются такие интегральные показатели как пятидневная биохимическая потребность в кислороде (БПК<sub>5</sub>) и химическая потребность в кислороде (ХПК). При подведении итогов мониторинга полученные значения этих показателей почему-то рассматриваются как количество органических веществ и производят расчеты в тоннах.

Наглядный пример можно привести из Государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2019 году: «...вода бассейна р. Амур и его главных притоков по качеству варьировала от «загрязненной» до «грязной». Характерными загрязняющими веществами являлись в основном органические вещества (по ХПК), аммонийный азот, соединения железа общего, меди, цинка, алюминия, марганца, реже органические вещества (по БПК<sub>5</sub>)» [1].

Смена парадигмы экологического мониторинга в Приамурье произошла после техногенной аварии в Китае (декабрь 2005 г.), как необходимость определения индивидуальных загрязняющих веществ. В условиях ЧС и экстренной организации хроматографического определения основного загрязнителя - нитробензола, в реке Амур был обнаружен широкий спектр токсичных органических веществ, которые потом встречались в воде, донных отложениях, льдах и рыбе [2]. Важными загрязнителями в 2006–2008 гг. оказались хлорфенолы и хлорсодержащие пестициды, их продолжали определять в воде в рамках российско-китайского мониторинга в 2012–2013 гг. После закрытия целлюлозно-бумажного комбината в г. Цзямусы (КНР) хлорфенолы в р. Амур встречались крайне редко.

Однако в 2019 г. их продолжают определять, отмечая, что хлорфенолы и летучие фенолы не обнаружены. В качестве загрязняющих веществ приводят среднегодовые показатели БПК<sub>5</sub> (биохимическое потребление кислорода неизвестным составом органических веществ) (табл. 1). Исходя из представленных данных, непонятно, что могут сказать об экологическом риске усредненные за год интегральные показатели потребления кислорода в результате биохимических процессов. Насколько адекватную оценку можно дать о качественном различии состава органических веществ в разных водных объектах по этим показателям.

Таблица 1. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ (мг/дм<sup>3</sup>) по БПК<sub>5</sub> [1]

Водный объект/годы	2015	2016	2017	2018	2019
Река Амур	1,89	1,56	1,58	1,62	1,79
Амурская протока	2,02	1,62	1,53	1,44	1,53
Река Амгунь	1,60	1,88	1,60	1,68	1,55

Оценка качества воды и общего состояния р. Амур за 2019 год представлена формальными среднегодовыми показателями. Так в районе г. Хабаровск качество воды в р. Амур, «согласно комплексной оценке, улучшилось». Вода характеризовалась как «загрязненная» (без перечня токсичных органических веществ, т.к. используются интегральные показатели ХПК и БПК<sub>5</sub>). Согласно проведенным расчетам «Среднегодовой коэффициент комплексности загрязненности составил 22,5 % (в 2018 г. – 24,4%). Вода в черте города Комсомольск-на-Амуре «улучшила свое качество, но по-прежнему оценивалась как "загрязненная". Среднегодовой коэффициент комплексности загрязненности воды возрос от 25,7 до 28,1 %» [1]. Непонятно, что дает такая «среднегодовая» оценка качества воды и «среднегодовой коэффициент комплексности загрязненности».

После техногенной аварии в бассейне р. Сунгари было доказано, что концентрация токсичных летучих органических веществ группы бензола существенно изменяется по сезонам. Первые результаты определения индивидуальных соединений в реках Амур и Сунгари получены в НПО «Тайфун» (г. Обнинск), в дальнейшем такие исследования стали проводить в аналитической лаборатории Краевого центра экологического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (КЦЭМП). В рамках программы российско-китайского мониторинга, также проводили сезонные исследования содержания отдельных токсичных веществ. В настоящее время данные о проведении такого мониторинга отсутствуют.

В качестве примера сезонного изменения состава органических веществ в поверхностных и подземных водах можно привести результаты их определения методом ГС-МС по полному ионному току (ПИТ). Было показано, что в весенний период 2018 г. разнообразие индивидуальных ОВ в поверхностных и подземных водах было ниже (8 и 15 компонентов), чем в летний период (54 и 44 компонента). Весной встречались как типичные широко распространенные фталаты (дибутилфталат, бис(2-этилгексил)фталат), так и довольно экзотические соединения антропогенного происхождения: метилбензофуран, этилгексил, метокси-циннамат, бензол, сульфонамид, дифениламин и др. Летом наблюдали существенное расширение спектра органических соединений в поверхностных

и подземных водах, причем некоторые из них встречались прежде крайне редко (табл. 2).

Таблица 2. Сезонный состав индивидуальных органических веществ в поверхностных и подземных водах, определенный методом газовой хроматомасс-спектрометрии\* (2018 г.)

Место отбора проб воды	Основные компоненты	
	Март	Июль
р. Амур (левобережье, Пемзенская протока)	Диэтилкетон, метилбутират, декан, изомеры алкил-диоксана, фталевый ангидрид, дибутилфталат (ДБФ), бензилбутилфталат (ББФ) и бис(2-этилгексил) фталат (Бис-2) <i>Всего: 8 компонентов</i>	Фенол, этилфенол, триметилбензен, пропилбензен, толуол, ксилолы, сквален, никотин, бензтиозол, лимонен, диметилпропилхлорид, декан, диоксан, (Бис-2), (ДБФ), ацетофенон, декан, тридекан, органические кислоты (гептеновая, этилгексановая, нонановая, декановая), децилтетракозан, эрициламид и др. <i>Всего: 54 компонента</i>
Подземные воды, поверхностный водоносный горизонт (скважина в 50 м от берега Пемзенской протоки).	Диэтилкетон, диметокси-бутан, тетраметокси-пропан, декан, изоалканол, диметилбензальдегид, деканаль, метилбензофуран, диметилацетофенон, бензол сульфонамид, изомеры эйкозена, алкилдиоксан, этилгексил метокси-циннамат, ДБФ, Бис-2. <i>Всего: 15 компонентов</i>	Диметилпропилхлорид, кумол, толуол, ксилолы, сквален, этил-, метил- и пропилбензолы, хлорбензенсульфонамид, ДБФ, Бис-2, эфир терефталевой кислоты, гексилкозан, гептакозан, монопальмитат, моностеарат, изобутират и др. <i>Всего: 44 компонента</i>

\*анализы выполнены в КЦЭМП на GC-MS QP 2010S с детектором МСД (ПИТ)

Повсеместно в природных водах встречались сквален, толуол, ксилолы и большое разнообразие метилированных соединений (триметилбензен, триметилгептан, диметил-диоксан, триметилбутан). В летний период в поверхностных и подземных водах обнаружены козаны. Кумол и псевдокумол – природные соединения, относящиеся к производным стеариновой и пальмитиновой кислот, обнаружены в летний период в подземных водах. Некоторые соединения являются аналогами продуктов сгорания древесины. В подземных водах присутствовали компоненты хвойных и лиственных пород, которые существенно различаются структурой представленных органических соединений. Среди наиболее значимых соединений были идентифицированы характерные для древесины сосны: пинен, карен, 1-метилэтилиден-бициклогептан; для древесины березы: 2,2-диметилпропаноил-циклогексанон; 9,12-октадекадиеновая кислота; гептадекан; гептакозан, генэйкозан и тридецилоксиран. Среди компонентов антропогенного происхождения идентифицированы гомологи гербицидов (бензтиозол). В виду слабой растворимости многих пестицидов, чаще всего в воде идентифицируют водорастворимые продукты их окисления или деструкции.

Поэтому необходимо иметь не только перечень токсичных поллютантов, но и знать механизмы их трансформации в водной среде.

На настоящий момент в европейскую базу данных разнообразных пестицидов включены 81 фосфорорганический пестицид, 43 карбамата, 40 хлорорганических соединений, 26 сульфонилмочевины, 24 триазола, 23 триазина, 22 производных мочевины, 19 пиретроидов, 12 арилоксифеноксипропионатов и 10 арилоксиалкановых кислот. Полученные результаты свидетельствуют о том, что метод МС позволяет выявить не только разнообразие индивидуальных компонентов, включая высоко токсичные вещества, но и определить их происхождение (генезис).

Таким образом, метод масс-спектрометрии становится все более доступным для многих государственных систем мониторинга и научно-исследовательских лабораторий. Крайне важно разработать и согласовать методы регионального и глобального скрининга, которые помогут в дальнейшем организовать объективный современный мониторинг. Такой подход значительно повысит ценность данных традиционного мониторинга для оценки сложных проблем химического загрязнения при ограниченных дополнительных затратах. Сотрудничество и обмен данными между регионами и странами, имеющими общие трансграничные водные объекты, значительно повысят эффективность мониторинга. При этом предполагается, что должны существовать доступные через интернет платформы базы данных и международные межлабораторные исследования.

Для совершенствования экологического мониторинга в Приамурье, необходимо проводить периодически (раз в 3–4 года) корректировку приоритетных индивидуальных загрязнителей методом масс-спектрометрии с учетом их сезонного поступления в водные экосистемы, при появления новых промышленных предприятий, расширения спектра используемых в сельском хозяйстве и медицине препаратов. В случае регулярно появляющихся во все сезоны загрязнителей, рекомендуется определять их количественное содержание для анализа масштабов загрязнения и выявления источников поступления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2019 году / под ред. А.А. Сабитова. Хабаровск, 2020. 268 с.
2. Факторы формирования качества воды на Нижнем Амуре / под ред. Л.М. Кондратьевой. Владивосток: Дальнаука, 2008. 217 с.
3. *Ahmed U., Mumtaz R., Anwar H., Mumtaz S., Qamar A.M.* Water quality monitoring: from conventional to emerging technologies // *Water Supply*. 2020. Vol. 20 (1). P. 28–45.
4. *Brack W., Hollender J., de Alda M.L., Müller C., Schulze T., Schymanski E., Slobodnik J., Krauss M.* High-resolution mass spectrometry to complement monitoring and track emerging chemicals and pollution trends in European water resources// *Environ. Science Eur.* 2019. Vol. 31. Number: 62.
5. *Hollender J., Schymanski E. L., Singer H. P., Ferguson P. L.* Nontarget screening with high resolution mass spectrometry in the environment: ready to go? // *Environ. Science and Technology* 2017. Vol. 51 (20). P. 11505–11512.

**РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПРОДУКТИВНОСТИ  
МЕЗОТРОФНОГО КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО БОЛОТА  
ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПОЖАРА И ПАЛОВ**

**Копотева Т.А.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

**THE RESULTS OF MONITORING THE PRODUCTIVITY  
OF THE MESOTROPHIC SHRUB-SPHAGNUM BOG  
AFTER A CATASTROPHIC FIRE AND BURNINGS**

**Kopoteva T.A.**

*Institute of water and ecological problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The results of 12-year monitored natural recovery of the bog vegetation are presented. During the monitoring, an increasing influence of the pyrogenic factor in the form of burnings of varying intensity was recorded. The dynamics of the annual primary production of the shrub-grass layer and the restoration of the moss cover are described.

Общеизвестно, что Приамурье с его контрастным климатом является регионом, наиболее подверженным влиянию указанного выше фактора на природные экосистемы. Современное состояние наших торфяных болот отражает участвовавшее влияние пирогенного фактора, что отмечается многими исследователями [1]. Постпирогенные сукцессии на болотах имеют свои особенности, но, также, как и в лесных экосистемах на марях Приамурья можно выделить послепожарную и восстановительную стадии. Отличие функционирования болотных фитоценозов от лесных в том, что основная ценотическая роль в первых принадлежит моховому ярусу. Из всех компонентов растительности сфагновые мхи имеют самый большой вклад в депонирование углерода. Исследования продуктивности болотных фитоценозов, близких по структуре фитомассы к изучавшимся нами, показывают, что годовая продукция мохового яруса в 3–4 раза превышает годовую продукцию надземной части древесного и кустарникового ярусов вместе взятых [4]. Поэтому палы наносят очень большой ущерб, так как уничтожают сфагновые мхи, что резко снижает темпы торфообразования до полного его прекращения.

Целью настоящей работы было проследить динамику продуктивности сообщества в период восстановления и дать оценку влияния на процесс восстановления растительности пирогенного фактора и режима увлажнения.

Мониторинг за продуктивностью мезотрофного кустарничково-сфагнового болота в районе п. Бичевая проводился в течение 12 лет, начиная с 2008 г. после катастрофического пожара, уничтожившего в июне весь растительный покров болота и часть торфа на поверхности. До этого пожара крупных пирогенных нарушений здесь не было по крайней мере более 20 лет, о чем свидетельствует древесный ярус лиственницы даурской.

Растительный покров до пожара был представлен следующими ярусами: древесным из угнетенной лиственницы даурской *Larix cajanderi* Mayr, сомкнутость 0,1, бонитет V–Va; сильно разреженным кустарничковым из березы овальнолистной *Betula ovalifolia* Rupr. со средней высотой 1,2–1,5 м на выгоревшем участке и 0,8–1,2 на ненарушенном; кустарничково-травяным с доминировани-

ем хамедафны чашечной *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. (35–48% в общей фитомассе яруса) и багульника болотного *Ledum palustre* L. (25–45% соответственно); а также моховым, до пожара состоящим из сфагновых мхов с небольшой примесью видов рода *Polytrichum*. Проективное покрытие (ПП) кустарничково-травяного яруса: 30–50% на подушках, 70–80% в понижениях, ПП мохового яруса 80–90%. В сложении кустарничково-травяного яруса участвуют кроме доминантов кустарнички: клюква мелкоплодная *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr. (5–7% от фитомассы яруса) с ПП около 5%, местами в пятнах до 20–30%; пятнами голубика *Vaccinium uliginosum* L. и на фусковых подушках редко подбел *Andromeda polifolia* L.; из травянистых: осока круглая *Carex globularis* L., пушица влагалищная *Eriophorum vaginatum* L., вейник незамечаемый *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn. Mey. & Scherb. В микрорельефе преобладают подушки и ковры, образованные *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr., реже *S. divinum* Brid. Склоны подушек в смешанных с *S. divinum* дернинах занимает *S. balticum* (Russ.) Russ. ex C. Jens., днища понижений заняты только *S. balticum*.

Изучалась годовичная надземная продукция (АНП) кустарничков и трав, для чего надземную фитомассу (живую и мертвую) кустарничково-травяного яруса отбирали методом укусов с поверхности мха однократно в конце вегетационных сезонов 2009–2020 гг. с учетных площадок 0,5 м<sup>2</sup> в 10-кратной повторности на выгоревшем участке и на участке с сохранившейся растительностью, т.е. ненарушенном. В камеральных условиях отделяли годичный прирост кустарничков, определяя, таким образом, их АНП. У травянистых она приравнивалась к запасам живой фитомассы, отобранной в конце августа, поэтому является несколько заниженной величиной, но в структуре фитомассы ненарушенного сообщества ее роль незначительна. С 2012 г. отбиралась подземная фитомасса методом монолитов размерами 1 дм<sup>2</sup> тоже в 10-кратной повторности на глубину 30 см. Подземную продукцию сосудистых (ВНП) определяли расчетным методом как процент от АНП, поскольку она является производной от фотосинтетической деятельности надземной фитомассы, а также с учетом очень немногочисленных литературных данных [3, 5]. Предыдущие наши исследования методом сезонного учета продукции показывают, что ВНП кустарничков в Приамурье подвержена значительным колебаниям: от 381 г/м<sup>2</sup>, в экстремально влажный сезон до 1136 г/м<sup>2</sup> в очень сухой при превышении АНП только в 2 раза [2]. Поэтому безусловно ВНП в наших исследованиях – неточная величина, своего рода допущение, в отличие от экспериментальной АНП. Однако получение ее методом 3–4-кратных сезонных отборов увеличивает объем работы в 6–8 раз, так как камеральная обработка подземного растительного вещества очень трудоемкая работа. Поскольку рабочих рук для камеральной обработки образцов недостаточно и поэтому нет возможности осуществлять 3–4-кратный внутрисезонный отбор подземной фитомассы, пришлось ограничиться получением расчетной ВНП. Подземные органы в общей живой фитомассе северных болот имеют долю до 77 % [5]. По литературным данным ВНП варьирует с 40 % до 90 % от подземной фитомассы. Между АНП и ВНП психрофильных кустарничков гряд и подушек мезотрофных болот южной тайги нами показано соотношение 0.26–0.31, т. е. ВНП кустарничков составляет 77–80% от их общей чистой первичной продукции (NPP) [2]. Поэтому мы приняли ВНП кустарничков 77% от их NPP, что составляет в среднем 41% от их подземной фитомассы в наших исследованиях и сопоставимо с литературными данными для болот с такими же доминантами. ВНП травянистых рассчитывалась нами так же.

Продукция сфагновых мхов была принята для *S. fuscum* 1/3 от живой фитомассы горизонта 0–10 см, для *S. divinum* – все 10 см, с учетом предыдущих исследований в 2005–2013 годах. Продукция *Polytrichum. strictum* определялась в ходе камеральной обработки в течение 5 последних лет. Отделялись окрашенная хлорофиллом верхняя часть побегов и боковые столоны.

В первый год восстановления (2009 г.) количество атмосферных осадков теплого периода (апрель–октябрь) – 693 мм – было в пределах среднеголетней нормы (689 мм). Последующие 2 года были влажными: на 38 и 13% больше нормы. Vegetационные сезоны 2012–2014 гг. были относительно сухими (18,5–25% ниже нормы). Далее, сезоны 2015–2018 гг. можно назвать близкими к средним по увлажнению: 8–16% ниже нормы. Последние два сезона характеризуются переувлажнением, особенно сезон 2019 г. (29–12% выше нормы). В ходе мониторинга были зафиксированы 4 пала: в июне 2014 г., в конце мая 2017 г., июне 2018 г. и в мае 2019 г. Все палы проходили по площади, уже пройденной ранее пожаром, не затрагивая огнем ранее ненарушенные.

Результаты исследований продуктивности показали, что самая высокая NPP кустарничково-травяного яруса на негоревшем участке приходится на период с 2012 по 2015 г. (рис.), слабо различающиеся по увлажнению: относительно сухие и близкие к норме. Самая низкая NPP отмечена в 2017 г., пал на нем зафиксирован не был, но он был настолько сильным на гари, что растения на ненарушенном могли испытывать термический шок. Кроме того, в конце этого и последующего года очень большая фитомасса *P. strictum* в корнеобитаемом горизонте. В последние 2 года мониторинга продукция кустарничково-травяного яруса остается низкой из-за переувлажнения, фитомасса же и, соответственно, продукция мохового яруса имеет максимальные величины за весь период наблюдений.

На выгоревшем участке NPP, стимулированная пожаром 2008 г., значительно выше. В 2013 г. она уже в 3 раза больше, в основном за счет кустарничков. Но в результате действия пала 2014 г. побеги кустарничков сильно обгорели, уменьшение фитомассы привело к резкому снижению продукции (рис.). Более низкие величины продукции в 2017 г. объясняются той же причиной – прошедшим весной палом. В 2018 г. NPP выше, потому что стимулирована очередным палом, но в последние 2 года ее снижение обусловлено сильным переувлажнением. Как показывает сравнение величин NPP яруса на гари и ненарушенном участке, пирогенный фактор оказывает на продукцию сосудистых сильное стимулирующее влияние, гораздо большее, чем все другие.

В моховом ярусе на негоревшем участке, как показывают результаты таблицы, фитомасса колебалась в зависимости от режима увлажнения, однако соотношение *S. fuscum* – *S. divinum* изменилось в сторону увеличения последнего, что говорит о снижении олиготрофности.

В первую очередь на гари восстанавливается *S. divinum*. Его доля с 80% в 2012 г. (табл.), постепенно снижается, но после сильного пала 2018 г. снова возрастает до 60%. Из 10 отобранных монолитов дернины в 2015 г. (увлажнение близко к норме), только в трех отмечено восстановление структуры дернины акротельма в горизонте 0–10 см на 70–80%. В следующем 2016 г., немного более сухом, в 3-х монолитах в этом же горизонте структура акротельма восстановились полностью, а в 4-х не полностью. После пала в более влажном 2017 г. активизируется рост *P. strictum*, поэтому дернины восстанавливаются медленнее, но равномерно по площади.

Таблица. Динамика фитомассы и продукции сфагновых мхов в горизонте 0–10 см

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Негоревший участок									
Ф/м <i>S. fuscum</i>	596,1±43,8	482,7±45,4	574,7±60,6	685,8±87,3	478,1±96,7	362,9±89,9	486,3±75,7	490,3±116,8	614,5±150,2
Ф/м <i>S. divinum</i>	148,6±30,2	104,0±20,1	92,3±30,7	133,0±46,0	267,9±132,2	258,1±70,3	189,1±57,9	330,6±73,0	316,1±70,5
Итого	744,5±51,1	586,7±36,9	667,1±66,0	818,8±87,8	759,2±114,0	621,0±62,7	675,5±89,9	820,9±71,9	930,6±129,2
NPP	248,2	195,5	223,3	272,9	253,1	207,0	225,2	273,6	310,2
Участок болота, выгоревший от пожара 2008 г.									
Ф/м <i>S. fuscum</i>	11,0±8,4	33,5±12,8	79,8±40,1	131,7±80,3	199,5±85,0	450,7±66,5	279,5±84,7	186,8±107,5	274,6±101,0
Ф/м <i>S. divinum</i>	44,5±21,5	100,1±44,5	123,5±66,9	234,9±82,2	255,8±75,5	116,0±23,9	217,6±58,4	287,8±72,8	404,6±83,1
Итого	55,5±22,2	133,6±45,4	203,3±70,6	366,6±98,6	455,3±86,9	566,7±57,5	497,2±89,5	474,6±103,2	679,2±96,7
NPP	55,5±22,2	133,6±45,4	69,7±54,0	163,3±68,8	88,7±46,6	111,4±65,2	Не опр.	Не опр.	204,6±36,0

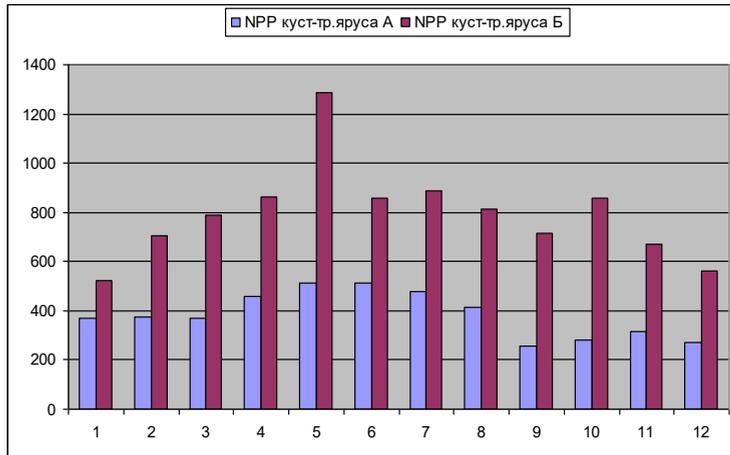


Рис. Динамика годичной продукции фитоценоза (NPP) негоревших участков болота (А) и на гари (Б)

В 2018-м г., когда от пала пострадали и сфагновые и политриховые мхи, и даже поселился *Aulacomnium palustre*, темпы восстановления акротельма снизились. Несмотря на экстремальное переувлажнение в 2019 г. темпы восстановления тоже снижены: много восстановившихся к 2018 г. сфагновых мхов погибло и перешли в очес из-за пала. Доля *Aulacomnium palustre* в моховом ярусе увеличилась. И только в последний год 2020 г. наблюдений благодаря большому количеству осадков структура акротельма стала ближе к естественной допозарной. В половине отобранных проб масса фракций фитомассы, образующей акротельм, достигла 50 % от допозарных значений. В целом распределение сфагнового покрова стало более равномерным. По нашим оценкам за 12 лет мониторинга акротельм восстановился примерно на 30–40%.

Таким образом, катастрофические пожары на торфяных болотах Приамурья снижают их устойчивость к повторному пирогенному поражению. На восстановление сфагнового покрова и акротельма, определяющих депонирующую функцию и собственно природный облик экосистемы требуется не менее 10–20 лет соответственно, и процесс восстановления зависит климатических особенностей региона. Период данных исследований считается многоводным, то есть благоприятным для восстановления сфагновых болот.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буренина Т. А. Послепожарная динамика в лиственных лесах Северо-Восточной Азии // Мат-лы межд. конф. «Лесные экосистемы Северо-Восточной Азии и их динамика». Дальнаука. Владивосток. 2006. С. 152–156.
2. Коптева Т.А., Косых Н.П. Сравнительная оценка структуры фитомассы и продуктивности мезотрофных кустарничково-сфагновых болот зоны тайги // Сибирский экологический журнал, 2011. № 2. С. 307–310.
3. Титлянова А.А. Роль подземных органов в круговороте С в болотных экосистемах // Болота и биосфера: Мат-лы VII всерос. конф. с междунар. участием науч. школы. Томск. 2010. С. 109–112.
4. Кнорре А.А., Кирдянов А.В., Ваганов Е.А. Изменчивость годичной продукции надземной фитомассы основных доминантов высокоширотных сообществ Центральной Сибири // Растительные ресурсы, 2007. Т. 43. Вып. 1. С. 3–15.
5. Titlyanova A.A., Romanova I.P., Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P. Pattern and process in above-ground and below-ground components of grassland ecosystems // J. of Veg. Sci. 1999. V. 10. № 3. Pp. 307–320.

**БАСЕЙН РЕКИ АРГУНЬ: ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
И БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ****Куклин А. П., Цыбекмитова Г. Ц.***Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия***POLLUTION AND BIODIVERSITY: A CASE STUDY  
OF THE ARGUN RIVER BASIN****Kuklin A. P., Tsybekmitova G. Ts.***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

**Abstract.** We analyzed the studies the on hydrochemical composition in the Argun basin and evaluated the level of pollution. We found that the water of the Argun River was contaminated by organic substances and toxic elements. We distinguished 9 major subsystems based on the prior findings. The prevalent species of *Cladophora fracta* was chosen as an indicator for the monitoring of the Argun drainage basin pollution by toxic elements. The concentrations of toxic elements in algae remained unchanged for a long term and they appeared to be more informative for the assessment of pollution than the rapidly changing water quality. It is necessary to determine indicator hydrobionts for each type of the ecosystems within such a vast territory as the Argun basin. Our findings showed that current mining production have negative ecological consequences on the quality of the water ecosystems which should be considered during further developments. It is necessary to pursue the research on the regional background concentrations for toxic elements in water and hydrobionts, and to enlarge the list of indicator hydrobionts for water quality assessment.

Водосборный бассейн реки Аргунь проходит по территории 7 административных районов Забайкальского края и по разным ландшафтно-климатическим поясам (степной, лесостепной, горно-таежный). Данная территория является важнейшим сельскохозяйственным регионом Забайкальского края, а также территорией освоения новых месторождений горнорудной отрасли. Эксплуатация минерально-сырьевых ресурсов в бассейне реки Аргунь привела к трансформации природных комплексов, в том числе и водных экосистем. В настоящее время многие притоки р. Аргунь нарушены разработками золотоносных россыпей. При существующей практике золотодобычи происходит значительное нарушение экосистемы рек (до 5 % от совокупной длины речной системы бассейна Аргуни на территории РФ). Воздействию подвергаются русла рек Газимур, Уров, Урюмкан, Средняя Борзя и их притоки.

Несмотря на длительную историю хозяйственного освоения, степень изученности водных экосистем бассейна остается крайне низкой. Между тем, состояние абиотических параметров водных экосистем определяет биологическое разнообразие водотоков. Биоразнообразие является одним из факторов, определяющих устойчивость экосистемы к изменениям условий среды и антропогенному воздействию.

По химическому составу воды р. Аргунь относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция с высокой минерализацией (165–425 мг/л) и слабощелочной реакцией среды. Воды реки часто загрязнены органическими веществами и некоторыми токсичными элементами. В среднем течении реки Аргунь в 2013 г. выявлены высокие концентрации Fe, Zn, Mn, Cu [2]. В 2016 г. также

установлены высокие концентрации Cr, Pb, Ni, Al в отдельных створах, а Mn, Cu, Fe, Mo – во всех створах р. Аргунь [1].

Для определения экологического состояния водных объектов в бассейне р. Аргунь, степени трансформации их экосистем в результате антропогенной деятельности и возможности дальнейшего хозяйственного использования проведено районирование водотоков. В основу типологии положены такие факторы, как рельеф, климат, видовой состав и состояние наземной растительности, характер постилающей поверхности на водосборной территории водотоков и состояние речного аллювия. Исходя из характеристик данных факторов, экосистема р. Аргунь и её водотоков представлена 9 крупными подсистемами.

1. Река Аргунь (от с. Молоканка до с. Приаргунск) выделена как крупная степная река в условиях пойменной многорукавности на плоской аллювиальной равнине. В период низкой воды функционируют только главные протоки. В период подъема уровня вода заполняет обширную пойму. Залитая пойма активно используется как место нереста и нагула рыб.

2. На дальнейшем протяжении р. Аргунь происходит сужение долины на участке от с. Приаргунск до с. Олочи. Экосистема на данном участке реки характеризуется как крупный предгорный степной водоток. Экосистема реки под влиянием избытка взвешенных наносов испытывает значительные нагрузки, типичные обитатели галечно-песчаного дна заменяются псаммофильными, менее продуктивными видами.

3. Река Аргунь на участке от села Олочи до слияния с р. Шилка протекает в условиях V – образной долины. Данную экосистему можно охарактеризовать как экосистема крупной полугорной таежной реки в условиях ограниченного меандрирования с валунно-галечным дном и обрастаниями микрофитобентоса в рипали. В связи со слабым развитием водной растительности экосистема более подвержена к поступлению и транспорту загрязняющих веществ.

4. На участке у села Приаргунск в р. Аргунь впадают крупные притоки с территории КНР и периодически пересыхающая р. Урулунгуй с территории РФ. Экосистему р. Урулунгуй можно обозначить как малая степная река с зарослями водной растительности, кладофоровых и харовых водорослей на илисто-песчаном дне. Данный тип экосистем характерен и для других малых водотоков с модулем стока не более  $2 \text{ л с}^{-1} \text{ км}^{-2}$ .

5. Экосистему нижнего течения р. Газимур можно характеризовать как крупная полугорная таежная река в условиях ограниченного меандрирования с валунно-галечным дном и редкими зарослями водной растительности.

6. В бассейне р. Аргунь наибольшей суммарной длиной обладают малые водотоки, дренирующие таёжные территории. Экосистемы таких водотоков можно охарактеризовать как малые реки горных таежных долин с моховой растительностью на каменистом дне.

7. По мере роста расходов воды и длины водотоков меняются характеристики их экосистем. У малых водотоков появляется пойма, преимущественно заросшая кустарниковой растительностью. Экосистемы таких участков можно отнести к малым водотокам ерниковых долин с мохово-водорослевой растительностью на каменистом дне.

8. В северной части бассейна в нижнем течении, а в южной части и в верхнем течении малые реки протекают через сырые, участками заболоченные луга, берега, заросшие тальниками. Экосистемы этих участков рек можно охаракте-

ризовать как малые реки сырых лугов и тальниковых пойм с мохово-водорослево-разнотравной растительностью на галечниках.

9. Для ряда водотоков (р. Будюмкан, Урюмкан, р. Уров, р. Газимур, нижнее течение рек Верхняя, Средняя и Нижняя Борзя) среднее течение характеризуется более сложной биотопической структурой, ослабленным течением, наличием глубоких плёсов, четко выраженной стрежневой частью русла, развитием меандров и даже стариц. Однако высокая антропогенная нарушенность рек степных ландшафтов в результате золотодобычи в настоящее время не позволяет провести четкую типизацию их экосистемы. Тем не менее, экосистему можно охарактеризовать как средние реки с водорослево-разнотравной растительностью в русле и разнотравной растительностью в протоках и старицах на пойме.

Таким образом, по результатам анализа материалов экспедиционных исследований в бассейне р. Аргунь выделены девять крупных подсистем. Проведенная типология позволит в будущем осуществлять мониторинг за их состоянием, особенно в условиях освоения новых месторождений и оценивать воздействия на водные экосистемы.

*Работа выполнена в рамках проекта FUFР-2021-0006 «Геоэкология водных экосистем Забайкалья в условиях современного климата и техногенеза, основные подходы к рациональному использованию вод и их биологических ресурсов».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Босов М. А., Заслоновский В. Н., Зыков Е. Х., Казыкина С. М., Курганович К. А., Надеяева Н. Н., Соколов А. В., Солодухин А. А., Шаликовский А. В., Шаликовский Д. А. Результаты комплексных исследований водного режима, русловых процессов и экологического состояния р. Аргунь // Водное хозяйство России, 2019. № 4. С. 93–113. DOI: 10.35567/1999-4508-2019-4-5.

2. Kuklin A. P., Tsybekmitova G. Ts. Content of toxic elements in water and macroalgae of the Argun River (Russia) basin water courses // Theoretical and Applied Ecology, 2019. № 1. P. 30–35 DOI: 10.25750/1995-4301-2019-1-030-035

---

---

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕСНЫХ И СУБМАРИННЫХ СОЛЕННЫХ  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ  
ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ**

**Кулаков В.В.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

**INTERACTION OF FRESH AND SUBMARINE SALT GROUNDWATER  
IN THE COASTAL ZONE OF THE OKHOTSK AND JAPAN SEA**

**Kulakov V.V.**

*Institute of Water and Ecology FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The complex hydrogeochemical conditions of the interaction of fresh and salty groundwater in the areas of some water intakes of drinking groundwater are due to the proximity to the sea coast. Cases of salt water intrusion to drinking groundwater intrusions were identified, as a result of which the operation of the wells was terminated.

Основной гидрохимический фон в береговой зоне морей создают ультрапресные и пресные гидрокарбонатные подземные воды зоны свободного гравитационного стока. Для территории с естественным режимом подземных вод изменения химического состава носят сезонный характер при незначительных колебаниях концентраций катионов и анионов.

Основную площадь морского дна морей занимают отложения, представленные осадочными, частично вулканогенно-осадочными породами позднемелового-кайнозойского возраста. Мощность отложений осадочного чехла во впадинах достигает 12 км. Он сложен в основном осадочными, частично вулканогенно-осадочными породами позднемелового-кайнозойского возраста. Среди субмаринных гидрогеологических структур выделяются субмаринные бассейны осадочного чехла (артезианские бассейны), субмаринные массивы трещинных и трещинно-жильных вод (гидрогеологические массивы), субмаринные вулканогенные бассейны.

Осадочный чехол Северо-Сахалинского субмаринного артезианского бассейна гидрогеологами-нефтяниками расчленен на пять водоносных комплексов, изученностью в той или иной мере охвачены верхние три гидрогеологических комплекса. Эти комплексы различаются строением резервуаров, фильтрационными характеристиками пород, соленостью вод и гидродинамическим режимом. Практически все терригенные породы осадочного чехла с увеличением глубины залегания в разрезе артезианского бассейна теряют поровые емкостные свойства.

Под морскими водами находятся различные толщи пород, которые насыщены различными по фазовому состоянию и степени связанности подземными водами. Основными типами субмаринных подземных вод являются воды иловых отложений, порово-пластовые и трещинно-пластовые воды осадочных пород, трещинные и трещинно-жильные воды эффузивов, метаморфических и интрузивных пород [4]. Выделяются:

- седиментационные морские воды, накапливающиеся в процессе образования осадочных или осадочно-вулканогенных толщ;

- трещинно-жильные воды, которые под большим давлением проникают в недра по разрывным нарушениям, связаны с вулканической или тектонической деятельностью;

Наибольшее развитие имеют поровые воды донных осадков и отложений. Подчиненным распространением пользуются трещинные воды – в коре выветривания консолидированных пород и трещинно-жильные воды крупных разрывных нарушений.

Неотектоническая активность региона способствует формированию разломов в голоцене и плейстоцене и обновлению разломов, заложенных на ранних этапах геологического развития территории.

Общим для всех гидрогеологических подразделений шельфа в акватории морей являются условия формирования химического состава субмаринных подземных вод [2, 4, 5]. Они обусловлены захоронением морских хлоридных натриевых вод в толще горных пород в процессе осадконакопления (седиментационные подземные воды).

Минерализация современных морских вод находится в пределах 30,0–34,4 г/дм<sup>3</sup>.

Верхнемиоцен-голоценовый водоносный комплекс ( $N_2-Q$ ) отличается зоной развития вод морского происхождения с концентрацией солей 27–30 г/дм<sup>3</sup>. Ионный состав этих вод хлоридный натриевый.

Для отложений ниже-среднемиоценового водоносного комплекса ( $N_1^{1-2}$ ) характерна зона солёных вод с минерализацией 20–27 г/ дм<sup>3</sup>. Состав вод преимущественно хлоридный натриевый.

В отложениях олигоцен-нижнемиоценового водоносного комплекса ( $P_3-N_1^1$ ) с гидродинамическими условиями весьма затруднённого водообмена прослеживается дальнейшее снижение минерализации до 14 г/дм<sup>3</sup> с распространением гидрохимической зоны слабосолёных вод (14–20 г/дм<sup>3</sup>). В составе этих вод наблюдается снижение концентрации хлоридов (до 7 г/дм<sup>3</sup>) и сульфатов (до 5–10 мг/дм<sup>3</sup>) и повышение содержания гидрокарбонатов (до 2–3 г/ дм<sup>3</sup>).

На шельфе северной части акватории Охотского моря существуют многочисленные локальные участки опреснения морских вод, сопровождаемые повышением концентрации биофильных элементов [2]. Большой частью опресненные придонные воды содержат избыток  $P_{\text{общ.}}$ ,  $N_{\text{общ.}}$ , Si. Опреснение придонного слоя воды является прямым показателем современной разгрузки пресных подземных вод суши на шельфе [2].

На дне Охотского моря зафиксированы локальные выходы метана, представленные двумя видами: с образованием «факелов» – гидроакустических аномалий, отражающих потоки газовых пузырей, и без них [5]. Большинство факелов расположено в пределах Северо-Сахалинского и Дерюгинского прогибов.

Во многих точках рифтовых долин в гидрогеологических массивах и вулканогенных бассейнах выявлены рециклинговые гидрогеологические системы, где морские воды по зонам разломов под большим давлением взаимодействуют с горячими вулканическими (лавовыми) камерами, в результате чего образуются на дне морей выходы термальных подземных вод и рудные постройки, обогащенные сульфидами железа, цинка или свинца (черные «курильщики») или соединения кремния и бария (белые «курильщики») [4].

Пресные подземные воды прибрежно-морской зоны служат основным источником ресурсов для питьевого и технического водоснабжения населенных пунктов на побережье Охотского и Японского морей.

В строении, собственно, вулканогенов участвуют средне- и нижнеюрские, меловые, палеогеновые, неогеновые и неоплейстоценовые эффузивные образования разного состава.

Исследованиями, выполненными Н.В. Болдовским [1] среди водоносных горизонтов, комплексов и зон трещиноватости было выделено 37 подразделений, из них 16 – среди вулканогенных образований.

На этой территории развиты эффузивные и вулканогенно-осадочные образования преимущественно кайнозойского возраста, в составе которых преобладают излияния базальтов.

Особенности строения вулканогенных структур определяют весьма сложный характер распределения в них водоносных и водоупорных зон и горизонтов.

Разнообразное гипсометрическое положение, пестрое мозаичное распределение водоносных и водоупорных зон и горизонтов по площади и на глубину обуславливают сложное размещение емкостей, направления и скоростей движения подземных вод в вулканогенных структурах, определяют особенности формирования ресурсов подземных вод и сложное взаимодействие пресных подземных и соленых вод вблизи побережья.

Глубина циркуляции пресных трещинно-жильных вод по тектоническим нарушениям достигает 2–3 км, что подтверждается наличием источников термальных вод в пределах региона.

Наиболее изученным в гидрогеологическом отношении является Восточно-Сихотэ-Алинский вулканоген и особенно кайнозойские базальтовые покровы, за счет подземных вод которых осуществляется водоснабжение городов Советская Гавань и Николаевск-на-Амуре, пос. Ванино, Де-Кастри и других населенных пунктов.

Пресные подземные воды разгружаются в виде родников с дебитом нередко в несколько сотен литров в секунду. При отливах на осушающемся берегу среди галечных отложений наблюдаются многочисленные выходы пресных вод с дебитами 0,1–0,2 л/с.

Субаквальная разгрузка пресных подземных вод на морском дне была исследована на глубинах от 1 до 12 м в прибрежной зоне от берега на расстоянии до 1000 м от берега в бухтах Табо–Чихачева Татарского пролива вдоль береговой линии на протяженности 32 км. В бухте Табо такая разгрузка на дне фиксировалась в виде грифонов, высотой до 1 см.

В районе пос. Де-Кастри подземные воды эоцен-миоценового водоносного вулканогенного комплекса пресные гидрокарбонатные со смешанным катионным составом и только вблизи береговой линии бухт Татарского пролива при эксплуатации скважин встречаются более минерализованные воды хлоридно-гидрокарбонатного или хлоридного состава. Минерализация воды варьирует в пределах от 0,074 до 0,109 г/дм<sup>3</sup>. Общая жесткость воды (карбонатная) изменяется от 0,8 до 1,0 мг-экв./дм<sup>3</sup>. Реакция среды в подземных водах изменяется от слабокислой до слабощелочной при среднем значении величины рН – 6,4–7,3. В целом подземные воды являются соответствующими нормативам для питьевых вод, обладают благоприятными органолептическими свойствами, безопасны в эпидемиологическом отношении и пригодны для организации водоснабжения.

Сложные гидрогеохимические условия участка водозабора Де-Кастринской ТЭЦ обусловлены близостью к морскому побережью бухты Сомон.

К югу от устья реки Татарки вдоль подножья склона обнаружены пластовые выходы подземных вод на протяжении около 500 м. Вода в бухте Северной в 300 м от устья р. Татарки при отливе пресная. Это еще объясняется и многочисленными выходами (разгрузкой) подземных вод (пластовые выходы), которые встречаются через 30–50 м.

При отливах на осушающемся берегу среди галечных отложений наблюдаются многочисленные выходы пресных вод с дебитами 0,1–0,2 л/с. Величина субаквальной разгрузки пресных подземных вод в акваторию бухты или через пляжную гальку по оценкам Н.В. Болдовского [1] достигает 10 л/с, модуль стока с площади бассейнов рек составляет 2,88 л/с·км<sup>2</sup>, а линейного подземного стока береговой зоны – 4,2 л/с·км.

На площадке нефтеналивного терминала Де-Кастри разгрузка пресных подземных вод осуществляется субаквально, а также в виде родников и высачиваний в береговых уступах вдоль залива Чихачева и бухты Северная; частично – в местную гидрографическую сеть – небольшой ручей (без названия) неподалеку от северной оконечности площадки. Величина общей минерализации пресных подземных вод в наблюдательных скважинах 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 составляет не многим более 0.1 г/л; в скважинах 8 и 9 – 0.2–0.3 г/л.

Субаквальная разгрузка пресных подземных вод в бухтах Табо – Чихачева Татарского пролива была закартирована Н.В. Болдовским и К.П. Каравановым [1] на глубинах от 1 до 12 м в прибрежной зоне от берега на расстояние до 1000 м вдоль береговой линии на расстоянии 32 км. В бухте Табо такая разгрузка на дне фиксировалась в виде грифонов, высотой до 1 см. Минерализация морских вод в бухте Табо составляет 26,1–29,6 г/дм<sup>3</sup> при минерализации в Татарском проливе 31–33 г/дм<sup>3</sup>.

В пределах Советско-Гаванского вулканогенного гидрогеологического бассейна распространены несколько водоносных комплексов, среди которых наиболее важными являются комплексы плиоцен-нижнелепесточеновых базальтов и андезито-базальтов и миоценовых базальтов. Покров базальтов мощностью до 500 м состоит из ряда потоков лавы, мощность каждого 10–20 м. Обычно верхняя часть лавового потока крупнопористая (кавернозная) и трещиноватая, средняя часть характеризуется меньшей пористостью и невысокой трещиноватостью, нижняя часть представляет плотные разности лав. Водоносными являются пористые и сильно трещиноватые разности базальтов, в которых заключены основные ресурсы подземных вод.

В долинах рек глубина до подземных вод от 1–5 до 20 м, на плоских водораздельных участках и возвышенностях подземные воды залегают на глубине от 30–40 до 60 м. Воды обычно напорные, имеются фонтанирующие скважины. Дебит их достигает 75 л/с при понижении уровня на 2,4 м (долина р. Большая Эгге).

По химическому составу подземные воды базальтов гидрокарбонатные кальциево-магниевые или магниевые-кальциевые с минерализацией до 0,2 г/дм<sup>3</sup>. В прибрежной полосе моря минерализация подземных вод в базальтах увеличивается до 0.3–0,5 г/дм<sup>3</sup>, а химический состав вод становится хлоридно-гидрокарбонатным со смешанным катионным составом.

Сложные гидрогеохимические условия взаимодействия подземных вод и морских вод на участках некоторых водозаборов питьевых подземных вод обусловлены близостью к морскому побережью. Были зафиксированы случаи интрузии соленых вод к водозаборам питьевых (пресных) подземных вод, в результате чего эксплуатация скважин была прекращена.

На Большеэгинском участке Совгаванского месторождения при увеличении водоотбора с 9,7 до 10–11 тыс. м<sup>3</sup>/сутки качество подземных вод за период с 1975 по 1978 год стало постепенно ухудшаться. За счет увеличения концентрации хлоридов. При минерализации пресных подземных вод около 0,1 г/дм<sup>3</sup> в 3-х скважинах водозабора минерализация возросла до 0,52–1,43 г/дм<sup>3</sup>, а средняя увеличилась до 0,24 г/дм<sup>3</sup>. Это свидетельствует о подтягивании соленых подземных вод к водозабору, хотя сохраняется динамическое равновесие при водоотборе подземных вод по уровням в скважинах при водоотборе в пределах утвержденных запасов (9,7 тыс. м<sup>3</sup>/сутки). Доля привлекаемых соленых подземных вод не превышает 1–2 % в объеме водоотбора, но они существенно изменяют качество питьевых вод и процесс ухудшения их качественного состава прогрессирует.

В береговой зоне морей особое значение имеют подземные воды природно высокого качества, соответствующего стандартам и нормативам и отвечающим без предварительной очистки по медико-биологическим показателям требованиям для питьевого потребления. Необходимо для текущего обеспечения населения качественной бутилированной питьевой водой, а также для водоснабжения на период чрезвычайных ситуаций, и для обеспечения возможного экспорта, обозначить уже известные месторождения или поставить задачу на выявление и оценку природных подземных вод высокого качества, не требующих специальной водоподготовки. Особыми достоинствами отличаются пресные подземные воды именно вулканогенных гидрогеологических бассейнов, месторождения которых разведаны в базальтах в районе г. Николаевска-на-Амуре и Советской Гавани, пос. Ванино и Де-Кастри, других местах. Эти воды не имеют экологических ограничений для питьевого использования, относятся к высшему классу и их ресурсы вполне могут быть вовлечены для достойного применения внутри региона и за его пределами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болдовский Н.В.* Подземные воды Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса // Владивосток: Дальнаука, 1994. 224 с.
2. *Глотов В.Е., Глотова Л.П.* Химические показатели подземного водообмена в Североохотоморской прибрежной зоне // Вода: химия и экология, 2014, № 10(76). С. 24–31.
3. *Кулаков В.В.* Особенности формирования и прогноз изменения ресурсов подземных вод вулканогенных структур побережья Охотского и Японского морей // Гидрогеологические исследования восточных районов СССР и некоторых стран Азии: Иркутск, 1983. С. 111–117.
4. *Кулаков В.В.* Гидрогеологическая стратификация разреза и качество субмаринных подземных вод Охотоморского региона // Подземная гидросфера: Материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России с международным участием // Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2021. С. 494–498. DOI: 10.52619/978-5-9908560-9-7-2021-23-1-494-498.
5. *Шакиров Р.Б., Обжиров А.И.* Морфотектонический контроль потоков метана в Охотском море // Подводные исследования и робототехника, 2009, № 1 (7). С. 31–39.

## ПРОБЛЕМЫ ОБРАСТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Литвиненко З. Н.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## PROBLEMS OF BIOFOULING DURING GROUND WATER PURIFYING PROCESSES

Litvinenko Z.N.

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** Work is reported about features of biofouling in ground water purifying system. The main influencing factors are organic substances, slow water flow, ability of microorganisms to formation of biofilms. Complex structure of biofilms can be the main negative factor which causes problems with drinking water quality and damages of water treatment equipment.

Качество питьевой воды является приоритетным направлением исследований ученых по всему миру. Актуальность использования подземных вод в качестве питьевых связана с их меньшей загрязненностью, по сравнению с поверхностными источниками. Однако в процессе водоподготовки подземных вод также возникают различные проблемы, среди которых особое значение уделяют процессу биообращения [1,2]. Известно, что на каждом этапе водоподготовки, включая поровое пространство водоносного горизонта, прифилтровую зону скважин, наземные распределительные системы и резервуары, существует риск формирования микробных консорциумов. Парадигма существования биопленок, возникшая в конце 20 века [3], позволила взглянуть на вопрос технологий водоподготовки со стороны возможного дополнительного влияния биологических факторов. Наши предыдущие исследования показали, что при внутрипластовой очистке подземных вод от железа и марганца, биопленки, сформированные на начальном этапе водоподготовки — в прискважинном пространстве свободно росли и развивались при различной доступности органических веществ, создавая при этом помехи при откачке воды, ухудшая ее органолептические свойства и затрудняя дальнейший процесс водоподготовки [1]. Завершающий этап водоподготовки в некоторых наземных установках включает в себя использование такого важного оборудования технологической цепи, как декарбонизаторы (ДК) и резервуары чистой воды (РЧВ). Подобное оборудование является главной мишенью для биопленок и подвержено биообращанию в связи со снижением гидравлического потока на данном этапе водоподготовки.

В настоящее время, согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения, формирование биопленок в распределительных системах на стадии водоподготовки является важным фактором риска, который может повлечь загрязнение питьевых вод патогенными микроорганизмами, тем самым оказав неблагоприятное воздействие на здоровье населения, а также негативно повлиять на физическую и гидравлическую целостность всей распределительной системы [4]. В связи с этим цель нашей работы заключалась в изучении особенностей биопленок, сформировавшихся в технологической системе при водоподготовке.

В качестве объекта исследования использовали микробные комплексы (МК) биопленок, сформировавшихся на стенках и дне основного оборудования

наземной системы водоподготовки подземных вод Тунгусского водозабора— ДК и РЧВ. В ДК через систему аэраторов происходит насыщение воды из скважины кислородом и одновременно с этим – отдув углекислого газа и сероводорода. В РЧВ попадает очищенная подземная вода, которая в дальнейшем проходит обеззараживание ультрафиолетом и гипохлоритом натрия.

При помощи методов микробиологического анализа было определено влияние различных источников углерода на формирование биопленок. Кроме того, были исследованы штаммы, входящие в состав биопленок и определена их активность на различных субстратах, а также способность к формированию экзополимерного матрикса (ЭПМ). Молекулярно-биологические методы и методы электронного микроскопирования были применены для оценки структуры сообщества и их количественного содержания. Молекулярно-генетические анализы проводили с помощью количественной ПЦР (полимеразная цепная реакция) с использованием прибора Rotor-Gene 6000. Исследование микроструктуры и элементного состава биопленок проводили в аналитическом центре Института тектоники и геофизики ДВО РАН на сканирующем электронном микроскопе EVO-40HV (“Carl Zeiss”, Германия) в режиме вторичных электронов с напылением платины, в сочетании с кремний-дрейфовым рентгеновским детектором X-MAX 80 мм<sup>2</sup> (“Oxford Instruments”, Великобритания), аналитик Коновалова Н.С.

Подземная вода из скважин, поступившая в систему водоподготовки, характеризуется различным микробиологическим составом и доминирующими группами микроорганизмов — в ней могут присутствовать как автохтонные (микроорганизмы из водоносного горизонта и порового пространства), так и аллохтонные (почвенные, поступающие с поверхностными источниками) представители. Доминирование определенных видов микроорганизмов обусловлено постоянно меняющимся составом откачиваемой воды.

Биопленка из декарбонизатора (яркая, оранжевая, хлопьевидная масса) была представлена различными видами пигментированных колоний (оранжевые, розовые, желтые), которые менялись в зависимости от состава питательной среды. Бактериальные пленки из резервуара чистой воды были представлены несколькими морфотипами, среди которых доминировали желтые слизистые колонии, благоприятно развивающиеся на разбавленных питательных средах с азотсодержащими органическими веществами (ОВ) (Рис.1).

Структура биопленки, отобранной со дна РЧВ была не такой разнообразной, как в ДК. Однако в ней также присутствовали пигментированные колонии, адаптированные к росту при низких концентрациях ОВ в микроаэрофильных условиях. Обедненные питательные среды (РПА-10) способствовали формированию пигментированных колоний в биопленках. Возможно, это связано с возникновением стрессовых состояний и воздействием неблагоприятных факторов, которые стимулируют активизацию пигментации — одного из механизмов защиты. На средах с высоким содержанием азотсодержащих компонентов (РПА) рост микроорганизмов сопровождался формированием непигментированных крупных плотных светло-палевых колоний. Это говорит о прямом влиянии источника питательных веществ на структуру и морфологические характеристики микроорганизмов, входящих в состав биопленок.

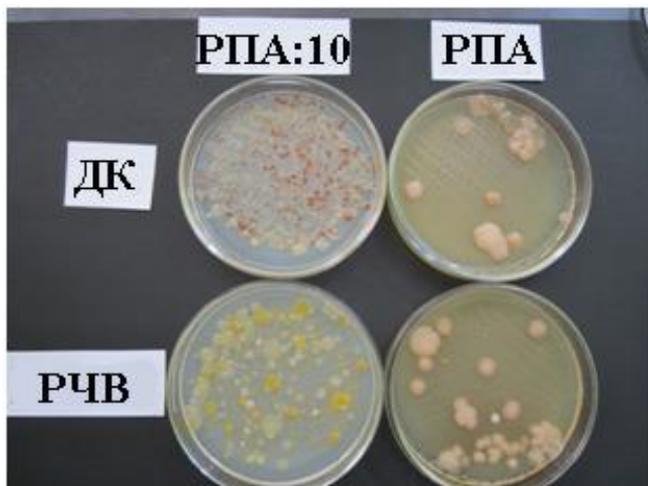


Рис. 1. Характеристика структуры биопленок: ДК – из декарбонизатора и РЧВ – биопленка со стенок резервуара чистой воды на РПА-10 и на РПА.

Важной особенностью при формировании биопленок остается синтез бактериями полисахаридного матрикса. В нашем случае основная масса биопленки была представлена экзополимерным матриксом, который накапливался в РЧВ в течение всего периода в результате жизнедеятельности вновь поступающих с водой бактерий. Полимерный матрикс является важным компонентом, необходимым для адгезии бактерий при постоянно меняющихся гидродинамических условиях.

На питательные среды (РПА-10, РПА) из биопленок РЧВ и ДК было выделено около 20 штаммов. Характерной особенностью выделенных штаммов был их интенсивный рост на богатой азотсодержащей среде РПА, присутствие различных форм колоний (R и S формы) и у некоторых представителей наличие слизистого матрикса. Для определения пищевых потребностей штаммы из биопленок ДК и РЧВ были культивированы на среде Бромфильда с различными добавками: пептон (2 г/л), глюкоза (3 г/л), лактат (0,015 г/л) и гуминовая кислота (0,025 г/л). Результаты посева на среду Бромфильда свидетельствуют о явном предпочтении всеми штаммами легкодоступного азотсодержащего источника углерода – пептона. В данном варианте отмечается активный рост, слизиобразование у некоторых представителей. Также несмотря на то, что гуминовые вещества и лактат являются трудноминерализуемыми соединениями, микроорганизмы использовали их в качестве субстрата на 7 сутки культивирования (Табл.1), что свидетельствует об активности микробоценозов в меняющихся условиях при различном наборе питательных веществ.

В состав сообщества культивируемых микробоценозов подземных вод Тунгусского водозабора, формирующихся в скважинах и на оборудовании наземной системы водоподготовки, входит около 60 видов различных родов эубактерий [5]. Учитывая, что подземные воды попадают в ДК и РЧВ непосредственно после откачки из водоносного пласта, присутствие этих представителей в исследуемых биопленках очевидно. Образец биопленки из РЧВ был исследован нами методом к ПЦР. Общее количественное содержание копий генов эубактерий составил  $81 \times 10^8$  копий ДНК/мл.

Использование сканирующей электронной микроскопии позволило выявить в слизистом осадке ряд специфических морфологических структур, характерных не только для представителей железокисляющих бактерий, но и простейших, включая уникальную группу космополитов — раковинных амёб. Согласно литературным данным, биопленки могут быть колонизированы различными группами простейших, включая амёбы. Простейшие в биопленках играют значительную функцию: они участвуют в формировании микробной петли – сложной пищевой связи с гетеротрофными бактериями, в которой выполняют различные функции, например, контроль бактерий и влияние на их таксономический и морфологический состав. Кроме того, некоторые амёбы могут существовать в кооперации с патогенными микроорганизмами и представлять угрозу их распространения в распределительных системах водоподготовки [2].

Таблица 1. Характеристика развития штаммов из биопленок на различных субстратах, рост на 2 и 7 сутки.

№ штамма	Пептон		Глюкоза		Лактат		Гуминовая кислота	
	2сут	7сут	2сут	7сут	2сут	7сут	2сут	7сут
БП из ДК								
18 (палев, перл)	+	+++	–	+	+	++	+	+
20 (палев, хризант)	+++	+++	–	+	+	++	+	–
22 (беж, слиз)	+++	++	–	+	–	–	–	–
БП РЧВ вход								
28 пал	–	++	+	+	–	+	–	+
29 пал	+	++	–	+	–	–	–	–
БП РЧВ выход								
30 пал+персик	+	+++	–	+	–	+	+	+/-
31 пал+персик	+	++	+	+	–	+	–	+/-

Таким образом, проведенные исследования показали, что биообрастания в ДК и РЧВ представлены богатым сообществом гетеротрофных и хемолитотрофных бактерий с широким спектром потребностей, главной характерной особенностью которых была способность к пигментации и формированию слизистого экзополимерного матрикса. Было также обнаружено, что в состав биопленок входили представители простейших. Это свидетельствует о сформировавшемся сложном консорциуме с ярко выраженной трофической структурой, функционирование которой может повлиять на органолептические свойства воды за счет выделения продуктов метаболизма биопленки. Необходимо отметить, что полноценный многофакторный мониторинг биопленок на каждом этапе водоподготовки позволит создать дополнительный барьер для защиты питьевой воды от загрязнения и предотвратить снижение износостойкости оборудования системы водоподготовки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьева Л.М., Литвиненко З.Н. Формирование биопленок микробными комплексами подземных вод *in vitro* // Биотехнология. 2015. № 3. С. 73–82.
2. Prest E. I., Hammes F., van Loosdrecht M., Vrouwenvelder J.S. Biological Stability of Drinking Water: Controlling Factors, Methods, and Challenges // *Frontiers in Microbiology*, 2016. Vol. 7. no. 45. P. 133–156.

3. *Costerton J.W.* The Biofilm Primer. – Springer, Hiedelberg, 2007. 200 p.
4. World Health Organization Water Safety in distribution systems. 2014. WHO Press, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland. P. 1–153.
5. *Braun B., Schröder J., Knecht H., Szewzyk U.* Unraveling the microbial community of a cold groundwater catchment system // *Water Research*. 2016.V. 107, no.15. P. 113–126.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ МОРСКИХ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ РЕГИОНОВ  
ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ  
ОХОТСКОГО МОРЯ**

**Любицкий Ю. В., Вражкин А. Н., Харламов П. О.**

*Дальневосточный региональный научно-исследовательский  
гидрометеорологический институт, Хабаровск, Владивосток, Россия*

**FORECASTING OF DANGEROUS MARINE HYDROMETEOROLOGICAL  
PHENOMENA FOR THE REGIONS OF DEVELOPMENT OF OIL  
AND GAS DEPOSITS ON THE SHELF OF THE SEA OF OKHOTSK**

**Lyubitskiy Yu. V., Vrazhkin A. N., Kharlamov P. O.**

*Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Khabarovsk,  
Vladivostok, Russia*

**Abstract.** A brief description of the marine hazards forecast methods and technology for the Sea of Okhotsk developed in FSBI «FERHRI» is presented. These methods and technology provides numerical prognostic products for the following parameters: wave height, period and direction; sea ice concentration, thickness, drift and pressure; sea level and storm surges. The successful cases of practical applications of these forecasts demonstrate the effectiveness of the developed forecast methods and technology.

В последние десятилетия на шельфе Охотского моря выполняются интенсивные работы по разведке, освоению и эксплуатации месторождений нефти и газа. Для обеспечения безопасности и эффективности этой деятельности, включающей добычу углеводородного сырья на плавучих буровых установках, транспортировку нефти и газа с помощью танкерного флота или по подводным трубопроводам на берег, хозяйствующим субъектам необходимы своевременные и качественные прогнозы об ожидаемых гидрометеорологических условиях.

Особую важность имеют прогнозы о возможности возникновения опасных морских гидрометеорологических явлений (ОЯ), которые могут представлять угрозу жизни и здоровью людей или наносить значительный материальный ущерб [3].

Для объектов, размещаемых в регионах нового освоения на шельфе морей, значительную опасность представляют «...сильное волнение, обледенение судов, сгонно-нагонные явления, интенсивный дрейф льда, сжатие льда, появление льда, непроходимого судами и ледоколами в период навигации на судовых трассах» и некоторые другие явления [3].

Следует отметить, что для шельфа морей не представляется возможным создание физико-статистических методов прогноза ОЯ, предусматривающих выявление эмпирических связей между характеристиками ОЯ (например, временем его формирования и интенсивностью) и факторов, вызывающих эти ОЯ. В основном это является следствием двух причин: ОЯ возникают относительно редко; на шельфе морей отсутствуют продолжительные регулярные гидрометеорологические наблюдения.

В ФГБУ «ДВНИГМИ» разработаны методы прогноза ОЯ, базирующиеся на численном гидродинамическом моделировании рассматриваемых процессов.

Расчёты волнения Охотского моря осуществляются по современным спектральным моделям [1]. Эти модели базируются на решении уравнения спектрального баланса волновой энергии. Учитываются источники поступления энергии к волнам под воздействием ветра, механизм диссипации энергии на глубокой воде и за счёт изменения глубины, обрушения гребней волн под влиянием дна (прибой) и нелинейное взаимодействие волн, характеризующее перераспределения энергии в их спектре. В мелководной зоне учитывается механизм рефракции волн.

Пространственный шаг сетки для открытого моря равен  $4 \times 4'$ , для прибрежных районов –  $250 \times 250$  м. Заблаговременность прогнозов составляет пять суток, прогностическая информация выводится с дискретностью 6 часов. Пользователям прогностической продукции предоставляются карты высот значительных волн (средняя высота  $1/3$  наивысших волн), их периода и направления распространения (рис. 1).

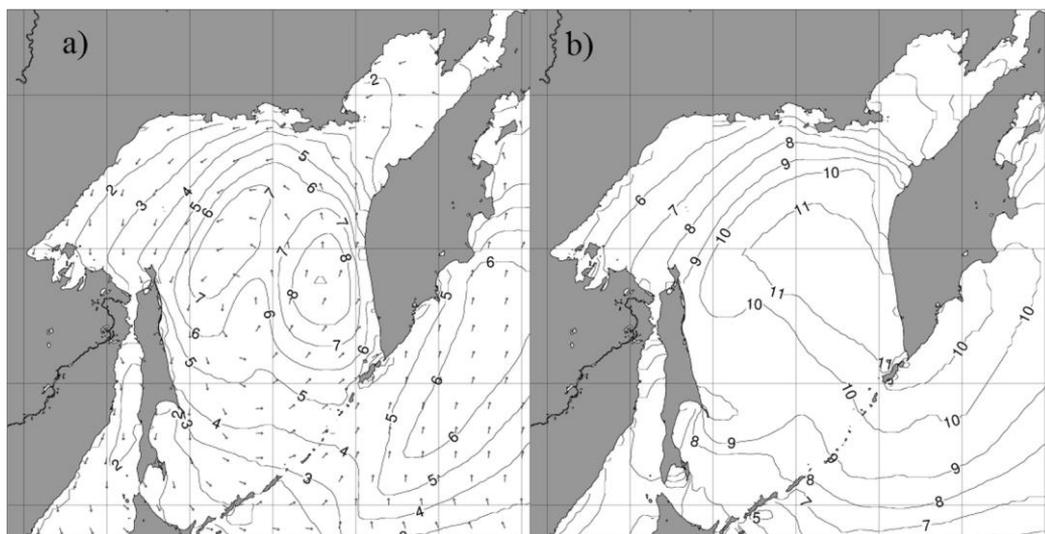


Рис. 1. Прогноз а) высоты, м; б) периода, секунда волнения на 00 час Всемирного скоординированного времени (ВСВ) 11.11.2013 г. (заблаговременность 3 суток)

Разработанные численные модели также применяются для расчёта режимных характеристик волнения. Кроме высоты, периода и направления смешанного волнения, вычисляются их значения отдельно для ветровых волн и зыби, а также их спектральные характеристики. Анализ данных на длительном историческом ряде позволяет получить экстремальные характеристики волнения, возможные один раз в  $N$ -лет, длительность штормов и «окон погоды», необходимые для проектирования и планирования работ на море. Эти оценки можно интерпретировать как сверхдолгосрочный прогноз интенсивности ОЯ, которые могут возникнуть в регионе, который предполагается осваивать.

Для детализации волновой картины в наиболее значимых для морской деятельности прибрежных районах Охотского моря (Магаданский и Сахалинский шельф, западное побережье Камчатки) применяются детальные расчётные сетки с пространственным шагом  $300 \times 300$  м.

Созданные технологии прогноза предусматривают получение и предоставление пользователям информации о дате и районе возможного возникновения ОЯ в соответствии с принятыми критериями (в открытом море высота волн более 6 м, в прибрежной зоне – более 4 м [3]).

Для обеспечения безаварийной добычи углеводородного сырья на устанавливаемых на шельфе плавучих буровых установках и его безопасной транспортировки с помощью подводных трубопроводов и танкерного флота большое значение имеет информация об ожидаемых изменениях ледяного покрова Охотского моря. Численная термогидродинамическая модель CICE [5], адаптированная в ФГБУ «ДВНИГМИ» к условиям Охотского моря, позволяет рассчитывать сплочённость, толщину (возраст), сжатие и дрейф льда, а также интегральную величину – ледовитость. С помощью разработанной технологии ежедневно строятся карты пространственного распределения перечисленных характеристик с заблаговременностью прогноза 9 суток (пример выходной продукции представлен на рис.2). Для получения прогностических полей температуры поверхности воды, используемых в ледовой модели (рис. 2), дополнительно разработан соответствующий метод прогноза.

Для выделения зон возможного обледенения судов и расчёта интенсивности обледенения в ФГБУ «ДВНИГМИ» реализован комплекс современных методик моделирования данного процесса, использующих прогнозируемые значения температуры воздуха и воды, скорости ветра, высоты волн, солёности морской воды.

Прогноз опасных повышений уровня Охотского моря с заблаговременностью 72 часа выполняется с помощью комплексного метода, включающего расчёт штормовых нагонов, возникающих при прохождении над морем глубоких циклонов и тайфунов, приливных колебаний уровня моря, среднего (фонового) уровня моря.

Перечисленные составляющие суммарного (наблюдаемого в природе) уровня моря могут рассчитываться непосредственно в рамках двумерной численной гидродинамической модели совместной динамики воды и льда, адаптированной в ФГБУ «ДВНИГМИ» к условиям дальневосточных морей [2]. Тем не менее, для экономии вычислительных ресурсов в оперативной практике используется упрощённая технология, предусматривающая вычисление прилива в любой точке на шельфе по предварительно рассчитанным для неё с помощью численного моделирования гармоническим постоянным восьми основных волн прилива.

Расчёт ожидаемых пространственно-временных изменений нагонных уровней моря реализуется по полям ветра (на высоте 10 м) и приземного атмосферного давления, приведённого к уровню моря, которые прогнозируются с помощью региональной атмосферной модели WRF-ARW (рис. 3). При этом используются сведения о распределении и сплочённости ледяного покрова на акватории Охотского моря в день составления прогноза по данным Japan Meteorological Agency (JMA).

Технологическая линия метода прогноза, включая сбор исходной информации, выполнение расчётов, рассылку полученных результатов пользователям, работает в автоматическом режиме. Прогноз выпускается два раза в сутки – в сроки от 00 час и 12 час ВСВ.

Рассмотренные методы прогноза применяются не только для повседневного гидрометеорологического обеспечения морской деятельности на акватории Охотского моря. Они также использовались в качестве модулей

комплексной системы гидрометеорологических прогнозов при обслуживании разведочных буровых работ на шельфе северной части Охотского моря в июне–августе 2016 г. [4]. Результаты данного специализированного гидрометеорологического обслуживания свидетельствуют о надёжности и эффективности разработанных в ФГБУ «ДВНИГМИ» методов прогноза, следовательно, о возможности их применения для других районов шельфа Охотского моря.

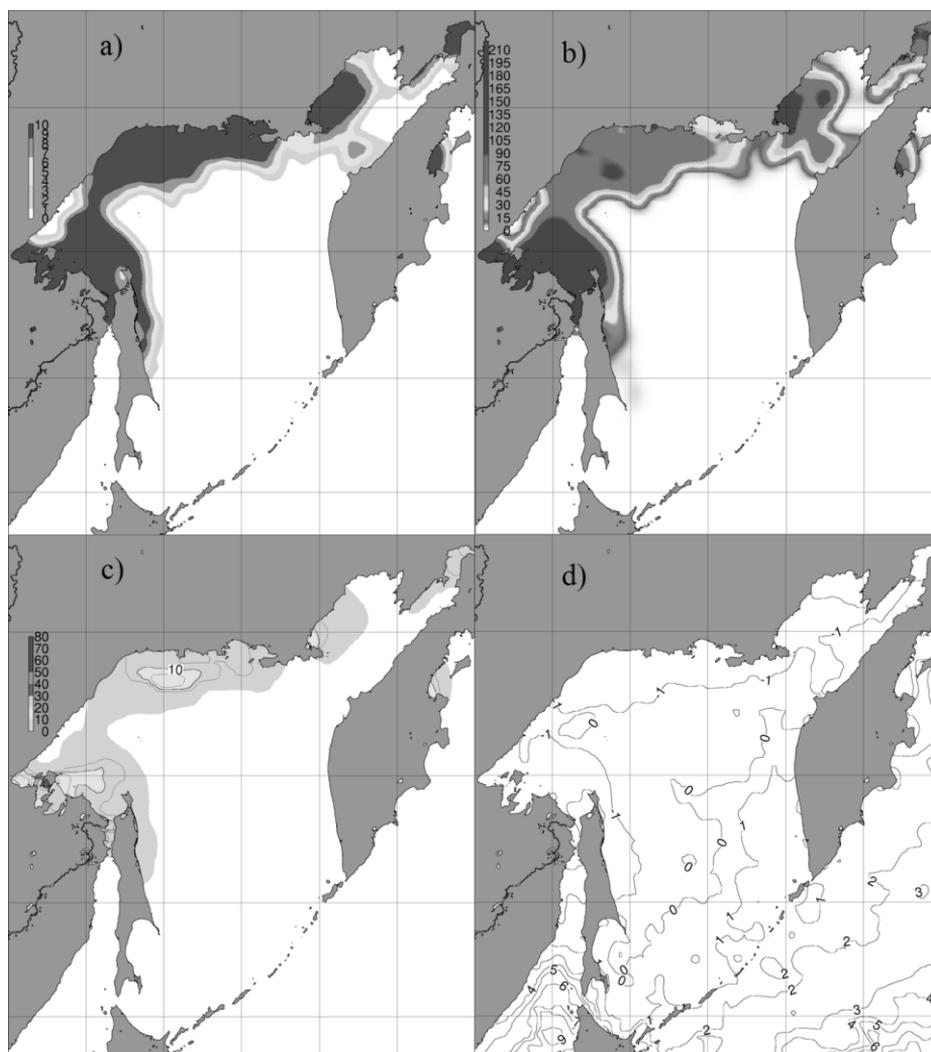


Рис. 2. Прогноз на пять суток а) сплочённости, баллы; б) толщины, см; в) сжатия льда, кН/м и д) температуры поверхности моря, град от 05.05.2021 г.

В ФГБУ «ДВНИГМИ» на основе численного гидродинамического моделирования разработаны методы прогноза ряда опасных морских гидрометеорологических явлений для шельфа Охотского моря, включая регионы освоения нефтегазовых месторождений. Эти методы успешно применяются в оперативной деятельности Росгидромета. Результаты прогнозов доводятся до сведения заинтересованных организаций и публикуются на сайте ФГБУ «ДВНИГМИ».

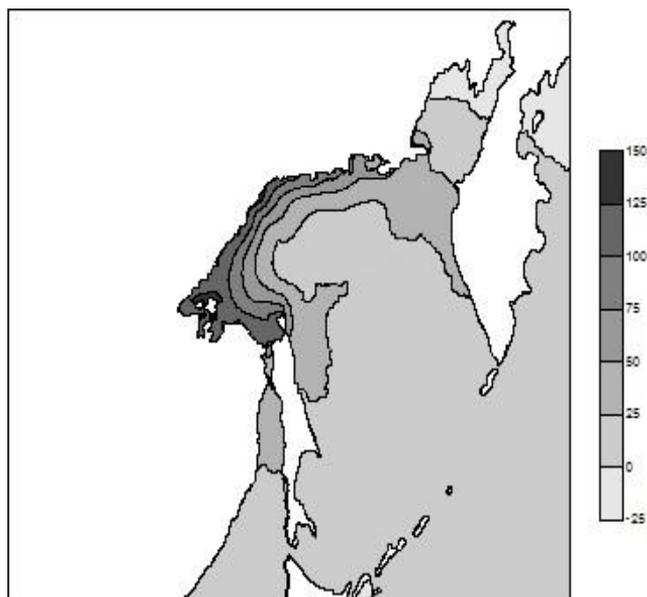


Рис. 3. Рельеф нагонной поверхности уровня моря в 18 час 21.12.2014 г., рассчитанный по численной модели в рамках прогноза от 00 час 19.12.2014 г. ВСВ, см

Дальнейшее развитие системы прогнозов ОЯ на шельфе Охотского моря должно предусматривать создание новых и усовершенствование существующих методов прогноза для увеличения оправдываемости и заблаговременности выпускаемых прогнозов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вражкин А. Н.* Применение спектральных моделей волнения для акваторий дальневосточных морей и Тихого океана // Сборник трудов "ДВНИГМИ – 60 лет", Владивосток: Дальнаука. 2010. С. 88–96.
2. *Любицкий Ю. В.* Метод краткосрочного прогноза уровня моря на побережье и акватории Охотского и Японского морей и на восточном побережье полуострова Камчатка // Труды ДВНИГМИ, Вып. 155. Владивосток: Дальнаука. 2017. С. 32–68.
3. РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. М.: Изд-во Росгидромета. 2008. 30 с.
4. *Соколов О. В., Гоголев Н. А., Гончуков Л. В.* Программная технология оперативного специализированного прогностического гидрометеорологического обеспечения работ на акваториях Дальневосточных морей и в прибрежной зоне // Труды ДВНИГМИ, Вып. 155. Владивосток: Дальнаука. 2017. С. 69–82.
5. *Hunke E.C., Lipscomb W. H., Turner A.K., Jeffery N., Elliott S.* CICE: the Los Alamos Sea Ice Model. Documentation and Software User's Manual. Version 5.1 LA-CC-06-012. Los Alamos National Laboratory. 2015. 116 p.

**СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ БИОИНДИФФЕРЕНТНЫХ  
ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЭНЕРГИЮ  
СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД  
ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

**Макаревич К.С.<sup>1</sup>, Каминский О.И.<sup>1</sup>, Зайцев А.В.<sup>1</sup>,  
Кириченко Е.А.<sup>2</sup>, Крутикова В.О.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт материаловедения ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

<sup>3</sup>*Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

**CREATION AND RESEARCH OF NEW BIOINDIFFERENT  
PHOTOCATALYSTS THAT USE THE ENERGY OF SOLAR RADIATION  
TO PURIFY WASTEWATER FROM POLLUTANTS**

**Makarevich K.S.<sup>1</sup>, Kaminsky O.I.<sup>1</sup>, Zaitsev A.V.<sup>1</sup>,  
Kirichenko E.A.<sup>2</sup>, Krutikova V.O.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Materials Science FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

<sup>3</sup>*Institute of Tectonics and Geophysics FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** This work is devoted to the study of new bio indifferent photocatalysts that use the energy of solar radiation to purify water from organic pollutants. Photocatalytic materials were obtained by a previously developed low-temperature pyrolytic synthesis. By varying the bismuth content in the precursor mixture within 15–30%, it becomes possible to control the phase formation of bismuth and strontium silicate phases. The samples obtained at 25% bismuth in precursor mixture (in terms of  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  %, wt.) have the highest photocatalytic activity with  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_2$ ,  $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$  formed in the catalyst composition. Photocatalytic activity of coatings with the predominance of bismuth silicates is inferior to coatings with the predominance of strontium bismuthates, but their greater hydrolytic stability is observed.

Активизация хозяйственной деятельности и нарастающие объемы промышленных сточных вод с каждым годом увеличивают техногенную нагрузку на различные природные водные объекты. В последние десятилетия возрастает интерес исследователей к фотокаталитическому способу очистки воды, суть которого заключается в разрушении органических загрязнителей под воздействием солнечного излучения на полупроводниковых фотокатализаторах [1]. Выбор висмутовых фотокатализаторов для изучения их эффективности обоснован тем, что висмут не токсичен для живых организмов. Это связано с отсутствием у висмута подвижных ионных форм при pH биологических сред. Кроме того, его соединения способны поглощать свет видимой части солнечного спектра. Соответственно, такой фотокатализатор является биологически индифферентным и характеризуется высокой экологической безопасностью для проведения очистки воды от органических загрязнителей.

Ранее авторами было показано, что висмутаты стронция обладают перспективными фотокаталитическими свойствами в составе гетероструктурных композиций [2]. В последнее время в литературе появились сведения о высокой фотокаталитической активности композиций, содержащих силикаты висмута различной стехиометрии [5], таким образом, выбор именно силикатного носителя

для получения каталитического материала представляется перспективным. Это позволит создать прототип эффективного фотокаталитического материала для промышленного использования.

Как известно, создание фотокаталитического материала является сложной комплексной задачей и важную роль при этом играет, как выбор носителя, так и технологии создания каталитического покрытия. Авторами разработан способ создания материала, при котором на поверхности носителя в результате химического взаимодействия образуется фотокаталитически активное покрытие за одну стадию. Данный способ был реализован с использованием висмутатов стронция и силикатного керамического носителя [4]. Было получено покрытие [3], обладающее высокой фотокаталитической активностью за счет наличия фазы висмутата стронция с соотношением Sr:Bi = 1:4. Можно ожидать, что покрытия содержащие фазы силикатов висмута будут обладать значительной устойчивостью в водной среде. Это позволит решить проблему выщелачивания стронция. Таким образом, целью данной работы являлось получение биоиндифферентных фотокатализаторов, обладающих высокой гидролитической стабильностью.

Использованные в работе фотокаталитические материалы были получены разработанным ранее методом, на основе низкотемпературного пиролитического синтеза [4]. Стронция нитрат  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ , висмута (III) нитрат пентагидрат  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и сорбит  $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$  истирались до образования прозрачного вязкого раствора. Данный раствор доводился до требуемой концентрации, после чего им пропитывался силикатный стеклокерамический носитель. Получение фотокаталитически активных покрытий велось при изотермическом отжиге  $500^\circ\text{C}$ . Параметры исследования фотокаталитической эффективности были описаны в нашей работе [4]. Эффективность очистки от модельного загрязнителя – метиленовый синий (МС) была рассчитана следующим образом:  $(C_0 - C_t)/C_0$ , где:  $C_0$  и  $C_t$  – соответственно, начальная и текущая концентрация МС в очищаемой воде.

Варьируя состав прекурсорной смеси, была исследована возможность управления составом фотокаталитически активных фаз покрытия. На рисунке 1 представлены результаты РФА материалов, полученных при различном содержании висмута в прекурсорной смеси. По мере увеличения содержания висмута наблюдается рост рефлексов силикатов висмута, соответствующих  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  (ICDD 29-235);  $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$  (ICDD 33-215). При увеличении содержания висмута более 25% также наблюдается формирование фаз силикатов стронция  $\text{Sr}_2\text{SiO}_4$  (ICDD 18-1281).

Данные рентгенофазового анализа подтверждают результаты поэлементного картирования микроструктуры покрытий на основе висмутатов стронция и силикатов висмута, сформированных на поверхности стекло-керамического носителя (рис. 2). Исследование поверхности скола образца демонстрирует следующие распределения основных фаз покрытия и носителя. Кристаллический  $\text{SiO}_2$ -кварц, входящие в состав носителя, представлен темными, достаточно хорошо ограненными кристаллическими включениями. Они отчетливо идентифицируются по результатам элементного картирования, как области наиболее богатые кремнием и не содержащие висмута. Стекло, входящее в состав носителя, можно идентифицировать, как области, имеющие серую окраску и содержащие кристаллиты игольчатой формы. По результатам картирования данная область так же богата кремнием, но содержит некоторое количество висмута.

Наибольшее содержание висмута регистрируется в покрытии, содержащем фазы:  $\text{SrBi}_x\text{O}_y$ , где  $x=5.5-7.7$ ,  $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ , которое представлено на микрофотографии, как самая светлая область, при этом содержание кремния в них минимально.

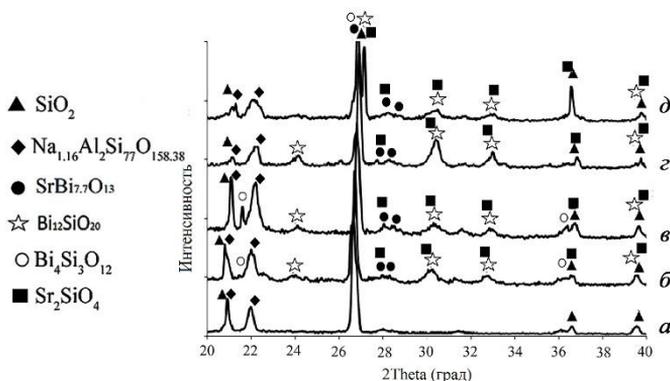


Рис. 1. РФА фотокаталитического материала, полученного при различном содержании висмута в прекурсорной смеси (в пересчете на  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  %, масс.): (а) – исходный носитель, (б) – 15%; (в) – 20%; (г) – 25%; (д) – 30%

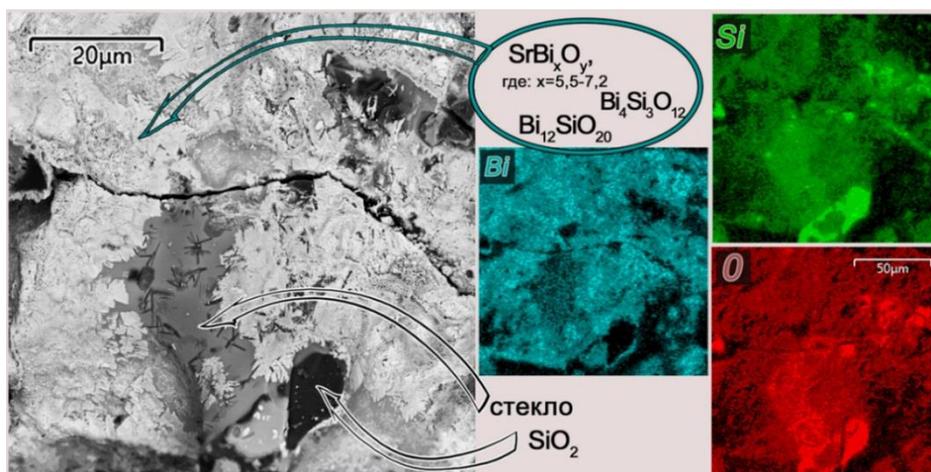


Рис. 2. Фазовый состав и морфология фотокаталитических покрытий на основе висмутатов стронция и силикатов висмута, сформированных на поверхности стекло-керамического носителя.

Исследование фотокаталитической активности материалов при разложении органического загрязняющего вещества – метиленовый синий (МС), представлено на рисунке 3. Наибольшей активностью обладает образец, полученный при 25% содержании висмута в прекурсорной смеси. В его составе отмечается наибольшее содержание силикатов висмута. При дальнейшем увеличении содержания висмута в прекурсорной смеси (до 30%) в составе фотокатализатора начинают преобладать силикаты стронция, не обладающие выраженной фотокаталитической активностью, в результате эффективность водоочистки снижается.

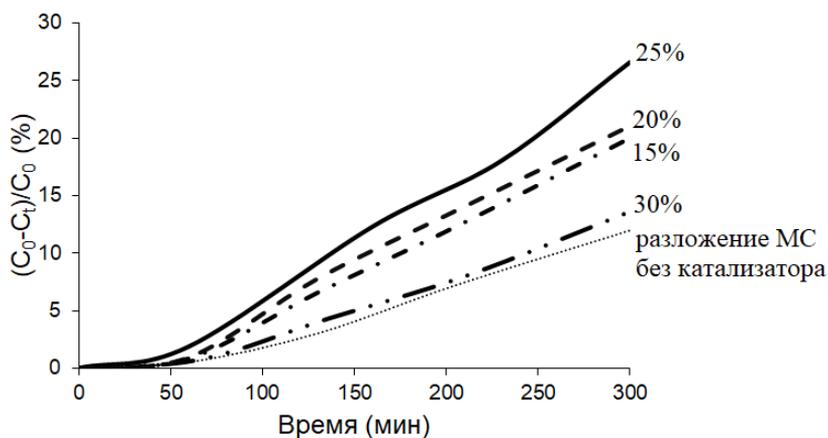


Рис. 3. Кривые каталитической активности покрытий, полученных при различном содержании висмута в прекурсорной смеси (в пересчете на  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  %, масс.).

На основе изменения массы в процессе циклических испытаний был проведен сравнительный анализ гидролитической стабильности двух групп образцов: (1) – характеризующиеся преобладающим содержанием висмутатов стронция и (2) – с преобладанием силикатных фаз (табл. 1). Фотокатализаторы второй группы демонстрируют меньшую потерю массы, и соответственно, характеризуются большей гидролитической стабильностью. Вероятно, это связано с отсутствием выщелачивания стронция.

Таблица 1. Оценка гидролитической стабильности образцов с преобладающим содержанием висмутатов стронция (группа-1) и образцов с преобладанием силикатных фаз, полученных при 25%  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (группа-2) по результатам потери массы при циклических испытаниях.

Число циклических испытаний	группа-1 (%, масс.)	группа-2 (%, масс.)	Число циклических испытаний	группа-1 (%, масс.)	группа-2 (%, масс.)
1	-1.017	-0.432	6	-1.291	-0.704
2	-1.219	-0.688	7	-1.299	-0.706
3	-1.273	-0.691	8	-1.294	-0.706
4	-1.294	-0.701	9	-1.291	-0.709
5	-1.286	-0.698	10	-1.299	-0.707

При варьировании содержания висмута в прекурсорной смеси в пределах 15-30% появляется возможность управления фазообразованием силикатных фаз висмута и стронция. Наибольшей фотокаталитической активностью обладают образцы, полученные при 25% висмута в прекурсорной смеси (в пересчете на  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  %, масс.). При этом отмечается наибольшее содержание силикатов  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_2$ ,  $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$  в материале. Фотокаталитическая активность покрытий с преобладанием силикатов висмута уступает покрытиям с преобладанием в составе висмутатов стронция, но при этом наблюдается их большая гидролитическая стабильность (группа-2). Это показывает перспективность создания биологически индифферентных фотокатализаторов на основе силикатов висмута для

---

---

очистки вод от загрязняющих веществ, сочетающих высокую каталитическую активность и гидролитическую стабильность состава.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Karthikeyan C., Arunachalam P., Ramachandran K., Al-Mayouf A.M., Karuppu-chamy S. J.* A review of biological drinking water treatment technologies for contaminants removal from polluted water resources // *Alloy. Compd.* 828 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.154281>
2. *Makarevich K.S., Zaitsev A.V., Kaminsky O.I., Kirichenko E.A., Astapov I.A.* Catalytic Activity of a Composition Based on Strontium Bismuthate and Bismuth Carbonate at the Exposure to the Light of the Visible Range // *Int. J. Chem. Eng.* 2018. P. 9. <https://doi.org/10.1155/2018/4715629>.
3. *Zaitsev A.V., Makarevich K.S., Kaminsky O.I., Kirichenko E.A., Krutikova V.O.* Fabrication of coatings based on strontium-bismuth-silicate photocatalyst for water purification from organic pollutants // *Materials Letters*, 2021. 291, 129601 DOI: 10.1016/j.matlet.2021.129601
4. *Zaitsev A. V., Kirichenko E., Kaminsky O., Makarevich K.* Investigation into the efficiency of photocatalytic oxidation of aqueous solutions of organic toxins in a unit with an automatically cleaning bismuth-silicate photocatalyst // *J. Water Process Eng.* 37 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101468>.
5. *Zouzelka R., Rathousky J.* Photocatalytic abatement of NOx pollutants in the air using commercial functional coating with porous morphology // *Appl. Catal. B* 217 (2017) P. 466–476, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.06.009>.

## ОСОБЕННОСТИ КРУПНЫХ ПАВОДКОВ РЕКИ АМУР В ПЕРИОДЫ ВЫСОКОЙ И НИЗКОЙ ВОДНОСТИ

Махинов А.Н., Ким В.И., Дугаева Я.Ю.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## FEATURES OF LARGE FLOODS OF THE AMUR RIVER DURING HIGH AND LOW WATER PERIODS

Makhinov A.N., Kim V.I., Dugaeva J.Yu.

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** In the lower reaches of the Amur, a natural long-term fluctuation of water flow was revealed, expressed in the alternation of periods of increased and decreased water content with an average duration of 12–15 years. The largest floods occurred during periods of increased water availability. The last of these periods began in 2009 and is characterized by the most amplitude changes in maximum water flow rates.

Во многих регионах мира установлено чередование циклов повышенной и пониженной водности рек с периодичностью 10–15 лет. В связи с этим большое значение имеет оценка связи периодов высокой водности рек с крупными наводнениями, что можно использовать для их вероятностного прогноза. Наводнение на реках с большой площадью бассейна – весьма сложный процесс, формирование и развитие которого обусловлено многими факторами, по-разному проявляющимися в каждом конкретном случае. Поэтому оценка опасности этого природного явления должна быть поликомпонентной и унифицированной. Одним из методов выявления общих закономерностей формирования наводнений является интегральный подход, основой которого может служить оценка их частоты в периоды различной водности.

Природно-климатические условия в бассейне реки Амур способствуют формированию крупных наводнений, группирующихся в отчетливо выраженные периоды. Причина многолетних колебаний водности пока еще слабо изучена и для территории Дальнего Востока России, вероятно, связана с активностью атмосферной циркуляции в северо-западной части Тихого океана во вторую половину лета. Территория бассейна среднего и нижнего течения реки Амур, где формируются большие наводнения, расположена в зоне влияния восточноазиатского муссона [1]. Некоторую роль в возникновении наводнений играют, вероятно, климатические изменения и активная хозяйственная деятельность, особенно в китайской части амурского бассейна [4].

Цель исследования – оценить частоту и особенности крупных наводнений в нижнем течении Амура в периоды высокой и низкой водности реки.

Крупные реки бассейна Амура подвержены частым и продолжительным наводнениям. Умеренно-континентальный с муссонными чертами климат обуславливает большую неравномерность их многолетнего и внутригодового стока воды. Контрастность горного и равнинного рельефа обеспечивает резкие пространственные изменения гидрологического режима рек. Для крупных рек на равнинных территориях в отличие от горных районов характерна значительная продолжительность наводнений, существенно затрудняющих хозяйственную деятельность в регионе.

На основе анализа данных 125-летних гидрологических наблюдений в бассейне Амура выделено пять периодов высокой водности и четыре периода низкой водности [2]. Средняя продолжительность их составляет 12–15 лет. Для каждого из выделенных периодов установлено количество лет с превышением отметки уровней воды неблагоприятного явления (450 см по посту Хабаровск) и опасного явления (600 см). Для последнего периода высокой водности рассмотрены особенности каждого из крупных наводнений 2013, 2019 и 2020 гг.

Основные результаты исследования получены на основе анализа данных наблюдений за уровнями воды на постах Гидрометеослужбы, расположенных в нижнем течении реки Амур.

Превышение уровня неблагоприятного явления в нижнем течении Амура за все время отмечалось 40 раз. Оно наблюдалось в каждом периоде высокой водности и происходило от 5 до 11 раз (рис. 1). Наибольшее число лет с превышением опасного уровня было в периоде с 1951–1964 годы. В долговременном аспекте выявлена тенденция к снижению этого показателя. При этом такая же тенденция отмечается в отношении наиболее низких отметок уровней воды, т.е. возрастает контрастность колебаний уровней воды, наибольшая из которых проявилась в последнем периоде.

Крупные наводнения как опасные гидрологические явления происходили в каждый период высокой водности. Наиболее часто они были в 1950-е годы, а также после 2009 года, случившись 5 и 3 раза соответственно.

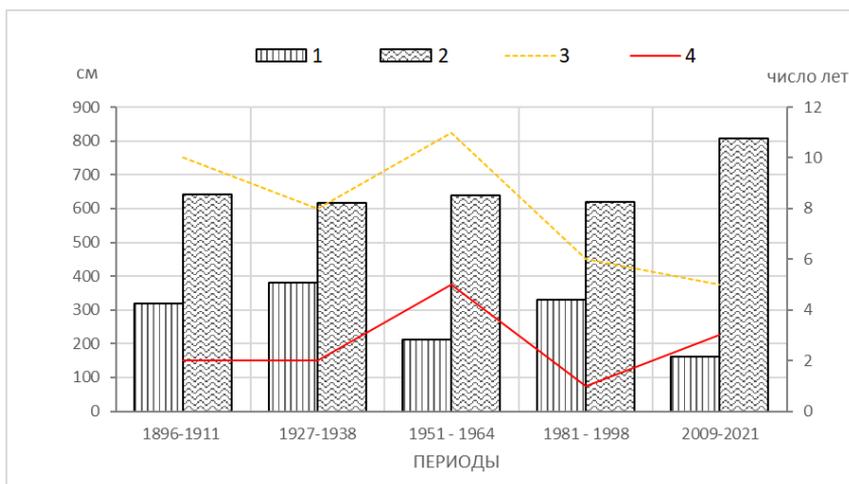
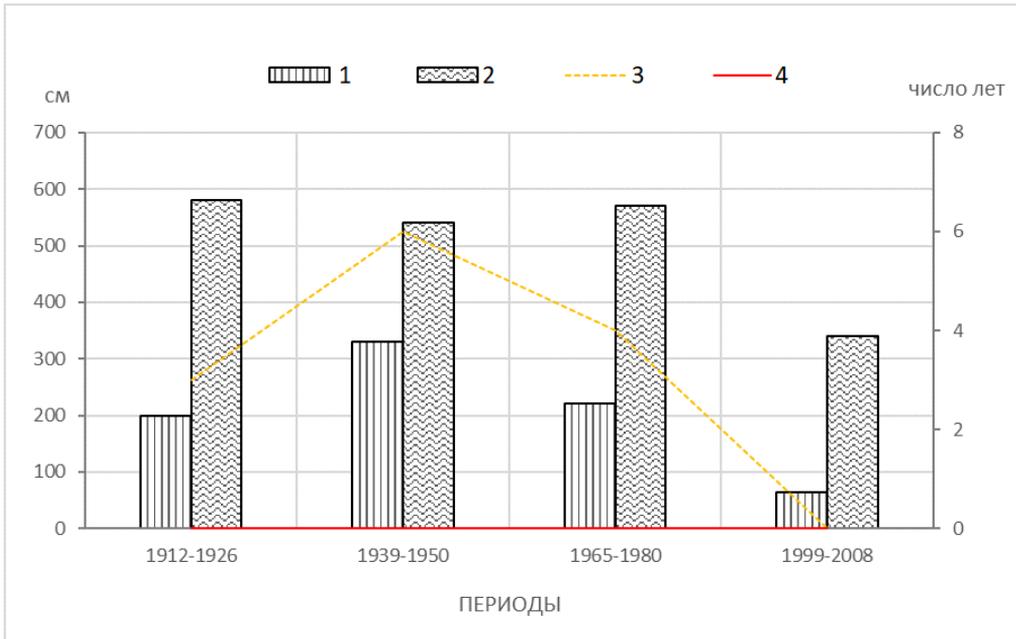


Рис. 1. Показатели уровней воды в периоды высокой водности реки Амур: 1 – наименьший максимальный уровень за период, см, 2 – наивысший максимальный уровень за период, см, 3 – число лет с превышением уровня 450 см, 4 – число лет с превышением уровня 600 см

При высокой водности максимальные уровни варьировали в пределах 616–642 см. Исключением стал последний период с отметкой 808 см в 2013 г. Количество превышений уровня опасного явления 600 см за все периоды отмечалось 13 раз.



*Рис. 2.* Показатели уровней воды в периоды низкой водности реки Амур  
1 – наинизший максимальный уровень за период, см, 2 – наивысший максимальный уровень за период, см, 3 – число лет с превышением уровня 450 см, 4 – число лет с превышением уровня 600 см.

Последний период высокой водности резко отличается по своим показателям от остальных, предшествовавших ему. Это проявилось прежде всего в существенной амплитуде между наивысшими и наинизшими максимальными уровнями. Она составила 553 см (808 см в 2013 г. и 255 см в 2015 г.), в то время как в предыдущие периоды не была выше 421 см.

Во все периоды низкой водности уровень реки Амур по посту Хабаровска не достигал отметки опасного явления (600 см), а в последний период не было превышения даже уровня неблагоприятного явления (рис. 2). Последний период низкой водности также имеет особенность, выраженную в том, что наивысший максимальный уровень имеет наименьшие значения, а его превышение над наинизшим максимальным составляет всего 229 см. Этот период продолжительностью 10 лет был единственным, в течение которого не было не только опасного гидрологического явления, но и отсутствовало неблагоприятное явление. В 2008 г. наблюдался самый низкий летний максимум уровня воды за всю историю наблюдений (65 см).

В течение последнего цикла высокой водности в нижнем течении реки Амур произошли три больших наводнения, относящихся к категории катастрофических [3]. Два из них были самыми крупными, а третий был шестым по величине за всю историю наблюдений (рис. 3). Они произошли в 2013, 2019 и 2020 гг. Наводнения принесли значительный ущерб населению и экономике Приамурья.

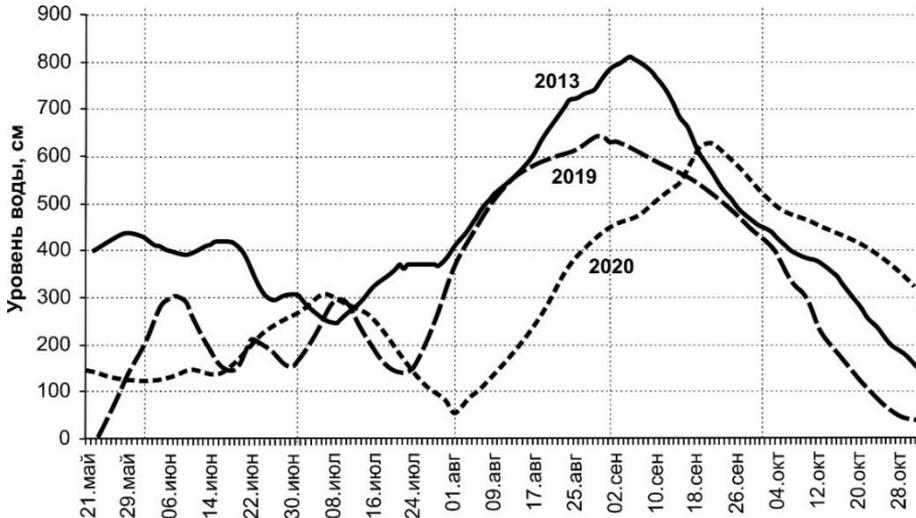


Рис. 3. Гидрографы трех последних крупнейших паводков на Амуре (г. Хабаровск)

Разница в максимумах паводков в Хабаровске 2013 и 2019 гг. составила 164 см, а в максимумах паводков 2019 и 2020 гг. – 13 см. Однако в Комсомольске–на–Амуре эти показатели составили соответственно 81 см и 125 см, а в с. Богородское – 45 см и 99 см (табл.1). Паводок 2019 г. по сравнению с паводком 2013 г. становился вниз по течению все более значительным и в низовьях реки по характеристикам был наиболее близок к самому экстремальному наводнению на Амуре. А вот наводнение 2020 г. было более существенным в районе Хабаровска и менее высоким ниже по течению, чем в 2019 г.

Таблица 1. Даты пиков паводочной волны в нижнем течении р. Амур

Гидрологический пост	Дата и максимальный уровень в см		
	2013 г.	2019 г.	2020 г.
Хабаровск	08.09 (808)	30.08 (642)	20.09–21.09 (628)
Комсомольск-на-Амуре	12.09–13.09 (910)	11.09–12.09 (829)	31.09–01.10 (704)
Богородское	18.09–19.09 (648)	25.09 (603)	08.10–09.10 (504)

Начало каждого из последующих паводков в течении периода последней высокой водности смещалось во времени на все более поздний срок. Паводок 2019 г. начался на 15 дней позже, чем в 2013 г., а паводок 2020 г. – на 10 дней позже его предшественника (табл. 2). Скорость смещения паводка в 2013 г. на участке реки от Хабаровска до Комсомольска–на–Амуре составила 58 км/сут., в 2019 г. – 22 км/сут., а в 2020 г. – 24 км/сут.

Причина каждого крупного наводнения — непредсказуемое и непохожее друг на друга сочетание различных природных факторов, одновременно проявляющихся в бассейне Амура в конце лета. Экстремальные уровни воды и наиболее значительные паводки на Амуре формировались в последнем периоде высокой водности. Одной из причин усиления частоты и мощности наводнений также могут быть глобальные климатические изменения. За более чем столетние наблюдения за водным режимом Амура, как и на других крупных реках ми-

ра, проявилась устойчивая тенденция роста амплитуды колебаний экстремальных уровней воды и усиление масштабов наводнений в последние десятилетия.

*Таблица 2. Характеристика наводнений последнего периода высокой водности р. Амур г. Хабаровск*

Год	Даты начала и конца подъема уровней воды	Даты начала и конца неблагоприятного явления (450 см)	Продолжительность неблагоприятного явления, дни
2013	08.07–04.09	08.07–30.09	84
2019	23.07–30.08	06.08–28.09	53
2020	02.08–20.09	31.09–15.10	46

Вероятность катастрофических наводнений в период высокой водности намного выше, чем в маловодный период. Это следствие географического положения бассейна Амура, находящегося в непосредственной близости от Тихого океана и определяющего климатические характеристики региона. Выявленные особенности прохождения паводков в периоды высокой и низкой водности на Амуре могут быть использованы для улучшения прогнозирования крупных наводнений.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-55-80022.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гарцман Б.И.* Дождевые наводнения на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска. Владивосток, 2008.
2. *Махинов А.Н.* Наводнение на Амуре в 2013 году: причины, масштабы, последствия // *Природа*, 2016, № 3. С. 26–36.
3. *Махинов А.Н., Ким В.И.* Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Амур // *Тихоокеанская география*, 2020, № 1. С. 30–39.
4. *Baklanov P.Ya., Ganzei S.S.* Main stages and tendencies in development of land-use in Amur River watershed // *Geography and natural resources*, 2004, No. 4, P. 19–28.

**ВЛИЯНИЕ НАВОДНЕНИЙ И УРБАНИЗАЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ И МИГРАЦИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РЕКЕ АМУР****Махинов А.Н.<sup>1</sup>, Махинова А.Ф.<sup>1</sup>, Ким В.И.<sup>1</sup>, Liu Shuguang<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
amakhinov@mail.ru*<sup>2</sup>*Университет Тунцзи, Департамент гидрологии и инженерии, Шанхай, Китай  
liusgliu@tongji.edu.cn***INFLUENCE OF FLOODING AND URBANIZATION ON THE CONTENT AND MIGRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE AMUR RIVER****Makhinov A.N.<sup>1</sup>, Makhinova A.F.<sup>1</sup>, Kim V.I.<sup>1</sup>, Liu Shuguang<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia,*<sup>2</sup>*Tongji University, Department of Hydraulic Engineering, Shanghai, China*

**Abstract.** It has been established that floods and urbanization processes have a great influence on the water quality in the Amur River. It is shown that during the period of high-water content, terrigenous and chemical runoff increases by 2–4 times. This leads to pollution of water and bottom. The average content of suspended matter in the Amur riverbed reaches 850–950 g/m<sup>3</sup>. The runoff of polluted watercourses from the territory of the city of Khabarovsk was investigated exceeded 300 m<sup>3</sup>/s. A characteristic of the content of heavy metals in the Amur River during floods is given. The role of humic substances in the migration of elements is shown. The conditions of transfer and sedimentation in the channel during floods on the Amur River in 2013, 2019 were studied.

Катастрофические наводнения на Амуре относятся к числу стратегических рисков России и Китая [1]. Река Амур обладает неустойчивым водным режимом, а частые наводнения способствуют трансграничному переносу терригенного материала и различных химических веществ в больших объемах.

Среди основных причин крупных наводнений на Амуре – продолжительные ливни во второй половине лета, формирующие в бассейнах его притоков значительные паводки, наличие в среднем течении Амура наиболее крупных паводкообразующих притоков (Зея, Буряя, Сунгари и Уссури). Наложение одновременно этих условий способствует развитию катастрофических наводнений ниже устья реки Сунгари с уровнями подъема воды в русле 600–800 см по гидрологическому посту Хабаровска (808 см в 2013 г., рекордный за последние 120 лет, а также 644 см в 2019 г. и 628 см в 2020 г.). Малое количество водохранилищ и недостаточный их объем не позволяет эффективно регулировать сток воды в летний период.

В настоящее время река Амур находится в фазе высокой водности, что обеспечивает регулярность высоких паводков, во время которых скорость течения воды возрастает в 2,5–3,0 раза [1]. Высокий подъем воды обуславливает затопление обширной территории бассейна Амура и создает условия для миграции загрязняющих веществ (рис.1).

Поверхностный смыв с урбанизированных территорий – одна из важнейших причин промышленного загрязнения воды реки Амур [2]. Высокие паводки увеличивают активность русловых процессов и интенсивность разрушения берегов. Терригенный и химический сток возрастают в 2–4 раза, что способствует загрязнению воды и донных отложений. Наибольшие концентрации загрязня-

ющих веществ отмечаются в окрестностях крупных городов. Однако влияние урбанизации на гидрохимический сток Амура остается все еще слабо изученным.

Размыв берегов и дна реки, интенсивная турбулентность в паводки увеличивают растворение и миграцию химических компонентов в водном потоке. Концентрирование элементов и их перераспределение в потоке связано с процессами сорбции на высокодисперсных органических и минеральных коллоидах.

Особое влияние на химический состав и качество воды в Амуре оказывают заболоченные территории и сельскохозяйственные земли. При затоплении заболоченных территорий и стоке с болот в реки поступает большое количество органических веществ. Агрессивные фракции органических кислот растворяют минеральные удобрения и способствуют процессам их миграции. Смыв с территорий промышленных зон являются причиной загрязнения пойменных почв тяжелыми металлами.



Рис. 1. Начало паводка 2019 г. (Фото А.Н. Махинова)

Продолжительность паводка и высокое содержание терригенного материала в воде интенсифицируют геохимические процессы и миграционную активность элементов. Негативные последствия этих природных явлений обостряют экологические проблемы рек.

Цель работы – оценить влияние наводнений и урбанизации на загрязнение тяжелыми металлами воды и донных отложений реки Амур.

*Водный режим и сток наносов.* Река Амур имеет ярко выраженную многолетнюю изменчивость стока воды и наносов. Средняя мутность воды, обусловленная природными особенностями водосборной площади реки, составляет около 90 мг/дм<sup>3</sup>. В период наводнений она увеличивается в 3–5 раз. В воде содержится большое количество тонкодисперсных фракций ила и органических веществ.

Распределение твердого стока по ширине неоднородно и изменяется в интервале 0,3–2,0 от средних значений по створу. Среднее содержание взвеси в русле Амура в паводки составляет 850–950 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшие концентрации органического вещества и взвесей отмечаются в приустьевой части крупных притоков, на участках размыва берегов и в окрестностях крупных городов после ливневых осадков.

*Гидрохимический сток.* Содержание и распределение тяжелых металлов в поперечном сечении р. Амур связано с концентрациями органических веществ и условиями растворения-перемешивания водных масс. Анализ концентраций тяжелых металлов по ширине русла свидетельствует, что их показатели в паводки между максимальными и минимальными значениями как в растворенной, так и во взвешенной формах существенно изменяются (таблица).

Самые высокие концентрации растворенных Fe<sub>p</sub> и Mn<sub>p</sub> отмечаются в створе русла выше Хабаровска (702,21, 511,48 и 489,48 мкг/дм<sup>3</sup>) вдоль его правого берега. Наблюдаются также повышенные концентрации растворенных форм других элементов (Zn в 3,2; Cu в 2,6; Ni в 2,1 раза). Большое влияние на загрязнение реки Амур оказывают трансграничные реки – Сунгари и Уссури. Высокие концентрации загрязняющих веществ, поступающие из этих рек, сохраняются на расстоянии нескольких сотен километров. Так, в результате аварии на химическом заводе в г. Цзилинь (Китай, 2005 г.) полное перемешивание нитробензола в реке Амур, поступившего из реки Сунгари, произошло лишь через 550 км [3].

Таблица. Содержание элементов в р. Амур в районе Хабаровска в период наводнения

Место отбора проб	мкг/дм <sup>3</sup>								
	Fe	Mn	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Выше г. Хабаровск:	Растворенная форма, 2019–2020 гг. (среднее значения)								
Левый берег 400 м	489,48	8,45	0,68	0,09	1,78	2,20	13,48	0,01	0,20
Середина реки	511,48	9,66	0,70	0,10	1,19	5,19	21,55	0,01	0,20
Правый берег 400 м	702,21	14,86	1,02	0,21	1,97	4,72	14,03	0,01	0,60
Выше г. Хабаровск:	Взвешенная форма, 2013 г. (средние значения)								
Левый берег 400 м	906,09	12,05	–	–	55,2	2,9	31,7	40,3	10,3
Правый берег 400 м	1105,09	8,35	–	–	3,2	65,4	34,1	6,2	4,0

*Роль органического вещества в миграции комплексных соединений металлов растворенных и взвешенных форм.* Миграция металлов в природных водах осуществляется в виде комплексных соединений с ОВ различной химической природы и молекулярной массы. Растворимые гумусовые кислоты и их комплексы с тяжелыми металлами имеют аномально высокую подвижность. В болотных водах (pH – 2,0–3,5) степень связывания ионов металлов (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Cd, Co) с органическим коллоидами составляет 80–95% от содержания их растворенных форм. Вынос органоминеральных соединений в русло Амура способствует процессам: а) растворения с образованием комплексных катионов [FeHSO<sub>4</sub>]<sup>+</sup>, [FeHSO<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>, [CuHSO<sub>4</sub>]<sup>+</sup> и б) ионного обмена с образованием гидроксокомплексов [Fe(H<sub>2</sub>O)<sub>5</sub>(OH)]<sup>2+</sup>, [Cu(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> или аммиакатов [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>](OH)<sub>2</sub>.

1. Комплексные катионы способны к процессам окисления и обмена. Окисленные соединения коагулируют и при обменных реакциях комплексные ионы переходят из одних соединений в другие, не изменяя своего состава между центральным ионом (атомом) и лигандами. Большая часть их соединений концентрируется на органических высокодисперсных частицах, и незначительная часть образует растворимые соединения с фульвокислотами.

2. В гидроксокомплексах и аммиакатах комплексообразующие ионы ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) прочно удерживают внешнюю сферу за счёт неподеленных электронных пар лигандов. В тоже время, комплексообразующие ионы за счет свободных орбиталей стремятся к осаждению на глинистых частицах донных отложений с огромной удельной поверхностью ( $\text{м}^2/\text{г}$ ) и высоким отрицательным зарядом [4].

3. Многие соединения тяжелых металлов в составе растворимых комплексных солей поступают в русло в результате смыва с урбанизированных территорий. В речных водах они диссоциируют на комплексный ион и ионы внешней сферы (как электролиты):  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]=3\text{K}^+ + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  [5]. Некоторые комплексные анионы с органическим веществом (например, железа, меди), в результате сорбции образуют сложные органоминеральные комплексы или двойные соли. Тяжелые металлы мигрируют как в растворенной, так и в взвешенной форме. Соединения металлов в растворимой форме токсичны и представляют экологическую опасность для водотоков. Растворение и обмен между центральным ионом и лигандами в органоминеральных соединениях  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  способствует изменению цветности воды. Показатели цветности отражают содержание и состав органических веществ в речных водах, используются как маркер их содержания. Высокая интенсивность турбулентности (перемешивания) в водном потоке постоянно меняет их состав и цветность.

В паводки доля соединений многих элементов во взвешенной форме преобладает над растворенными, что обусловлено высокой мутностью воды и активностью русловых процессов [1]. Отношение концентраций  $\text{M}_{\text{ев}}/\text{M}_{\text{ер}}$  увеличивается в 1,5–2 раза и с небольшой вариабельностью сохраняется ниже по течению от Хабаровска до Комсомольска-на-Амуре. Высокие концентрации Fe, Pb, Cu, Zn, во взвешенной форме вдоль правого берега обусловлены влиянием стока малых водотоков и смывом с городской территории Хабаровска. При этом по сравнению с малыми городскими водотоками показатели ливневого стока превышают их по содержанию цинка в 2,5 раза, меди в 3,6 раза, свинца в 1,7 раза, никеля в 2,7 раза. В паводки на качество воды влияние оказывает также сток с сельскохозяйственных земель и заболоченных территорий, о чем свидетельствует высокое содержание Fe, Cd, Pb вдоль левого берега Амура выше влияния Хабаровска.

На качество воды в реке Амур в период наводнений большое влияние оказывают русловые процессы, смыв с городских промышленных объектов, сток с заболоченных территорий и сельскохозяйственных земель. Показано, что органическое вещество играет основную роль в миграции тяжелых металлов, образуя простые и сложные комплексные соединения. Большую степень связывания в органоминеральные комплексы и комплексные соли проявляют ионы металлов  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$ . При сильном разбавлении паводковыми водами комплексные соединения способны к процессам ионного обмена с образованием гидроксокомплексов  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+}$ ,  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ , аммиакатов  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  и комплексных катионов  $[\text{FeHSO}_4]^+$ ,  $[\text{FeHSO}_4]^{2+}$ ,  $[\text{CuHSO}_4]^+$ .

Наводнения способствуют переносу загрязняющих веществ на значительное расстояние, выравниванию их концентраций по ширине русла и сорбции тяжелых металлов на привнесенное органическое вещество. Растворение и обмен между центральным ионом и лигандами в органоминеральных соединениях  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  способствует изменению цветности воды.

В период наводнений в распределении содержаний и форм миграции тяжелых металлов в русле Амура проявляются следующие закономерности: а) доля соединений элементов во взвешенной форме в 1,5–2 раза преобладает над растворенной; б) наибольшая неоднородность распределения металлов по ширине потока проявляется на устьевых участках крупных трансграничных притоков; в) сток с болот и урбанизированных территорий оказывает влияние на химический сток и загрязнение русла Амура на локальных участках в непосредственной близости от урбанизированных территорий. Соединения металлов в растворимой форме токсичны и представляют экологическую опасность.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-55-80022.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Махинов А.Н., Liu Shiguan. Катастрофические наводнения на крупных реках Восточной Азии и их влияние на русловые процессы // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность. Севастополь, СевГУ, 2017. С. 868–871.
2. Махинов А.Н., Лю Шугуан, Махинова А.Ф., Чаомин Даи. Влияние наводнений и урбанизации на содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях реки Амур // Экология и промышленность России, 2020. Т. 24. № 12. С. 32–38.
3. Makhinova A.F., Makhinov A.N., Kuptsova V.A., Ermoshin V.V. Geochemical Differentiation of Soils in the Amur Basin (Russian Part) // Journal of Geochemical Exploration. 2013. Vol. 132. P. 140–148.
4. Pokrovsky O.S., Shott J. Iron colloids/organic matter associated transport of major and trace elements in small boreal rivers and their estuaries (NW Russia) // Chem. Geol. 2002. Vol. 190. № 1–4. P. 141–179.
5. Senesi N., Loffredo E. Metal Iron Complexation by Soil Humic Substance. Chemical Processes in Soils. Madison, Soil Science Society of America, 2005. P. 563–617.

## ДИНАМИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РУСЛА В ПРЕДЕЛАХ ХАБАРОВСКОГО ВОДНОТРАНСПОРТНОГО УЗЛА

Паушкина В.Д.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
verachegodaeva95@mail.ru*

## DYNAMICS OF THE CHANNEL TRANSFORMATION WITHIN THE KHA- BAROVSK WATER TRANSPORT HUB

Paushkina V.D.

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia  
verachegodaeva95@mail.ru*

**Abstract.** The dynamics of changes in the river bed and secondary branches in the area of the Khabarovsk water transport hub over a long-term period is considered. Significant channel deformations are noted.

Проблеме преобразования русла в пределах Хабаровского водного транспортного узла уделяется большое внимание в связи с происходящими гидрографическими изменениями, негативно отражающимися на условиях хозяйственной деятельности, и экологической характеристики реки [1].

В 1893 г. протоки Пемзенской не существовало, на ее месте имелись залив (помечен стрелкой) и ложбины, заполненные водой (рис. 1).

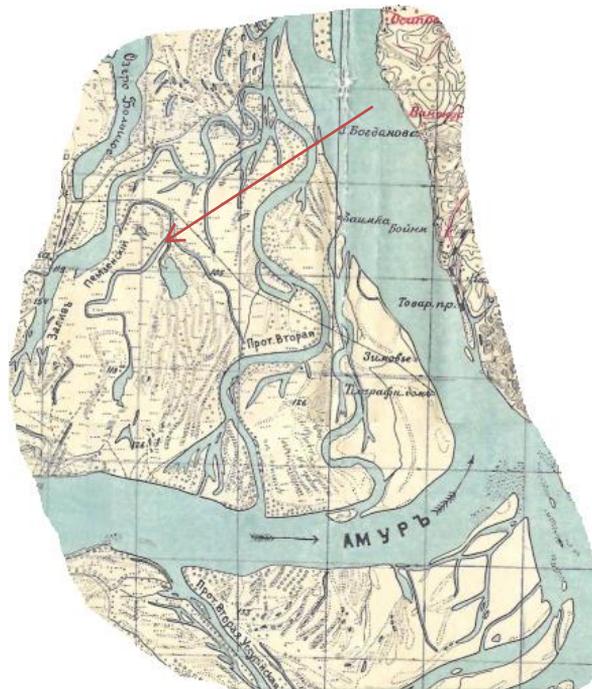


Рис. 1. Схема Хабаровского водного узла (1893 г.)

В 1945 г. Пемзенская протока оформилась, но сток воды по ней осуществлялся не постоянно, а периодически, во время высоких уровней воды в реке Амур. Протока Бешеная в этот период уже функционировала и имела ширину около 100 м, но вход в нее располагался под тупым углом по отношению к направлению течения Амура.

К середине 60-х годов Пемзенская протока уже имела хорошо выраженное русло шириной до 100 м, глубину на входе 2,8 м, а на расстоянии 200 м от входа - более 7 м. Протока Бешеная за 20 лет практически не изменилась, но благодаря размыву левого вогнутого берега в верхнем крыле вынужденной Хабаровской излучины вход в нее изменил ориентировку на близкую к перпендикулярной к направлению течения Амура (рис. 2). В последующий период происходило дальнейшее развитие обеих протоков. У истока Пензенской протоки левый вогнутый берег свободной Владимировской излучины отступил на 75 м, размываясь со средней скоростью 2,5 м/год.

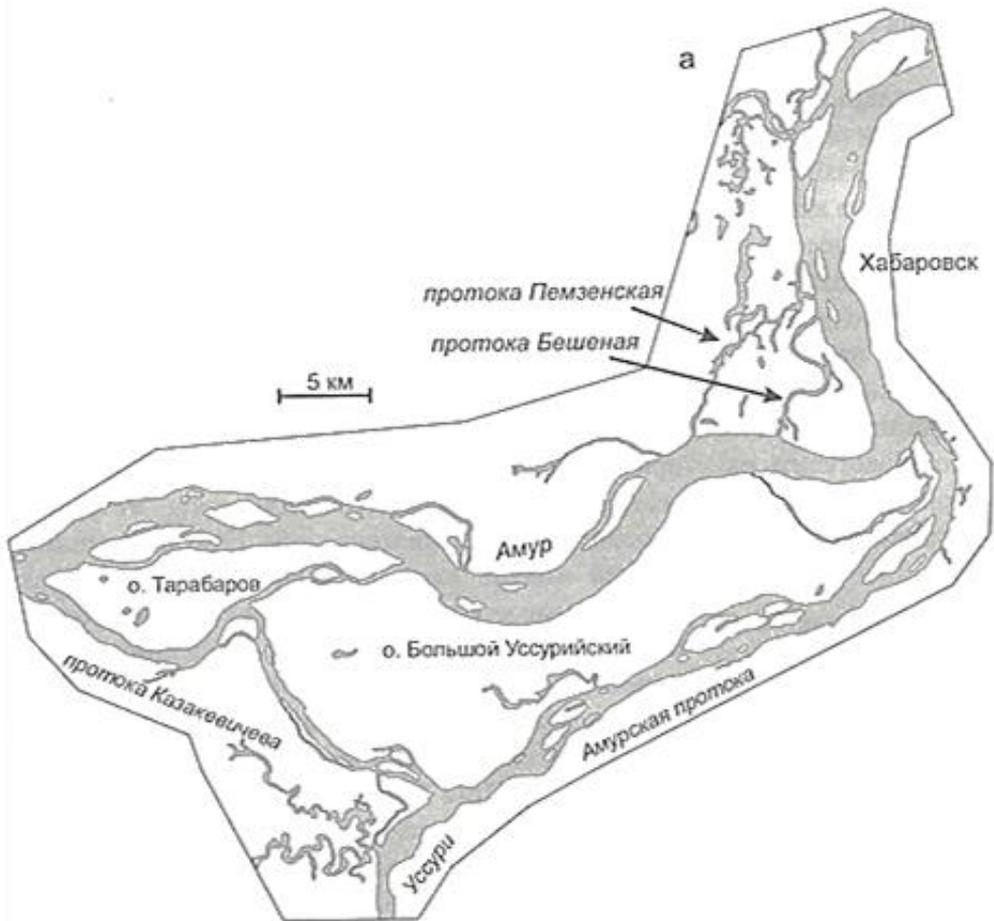


Рис. 2. Морфология русла реки Амур в районе г. Хабаровска (1964 г.)

В 1974 г. образовались скопления песчаных наносов, которые находились напротив истоков протоки Пемзенской и Бешенной ближе к правому берегу р. Амур. Основной сток проходил вдоль левого берега р. Амур (рис. 3).

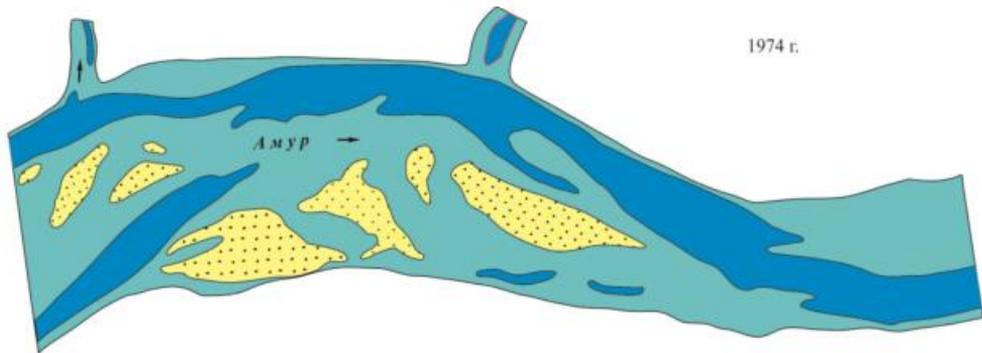


Рис. 3. Участок главного русла р. Амур между истоками проток Пемзенская и Бешеная (1974 г.)

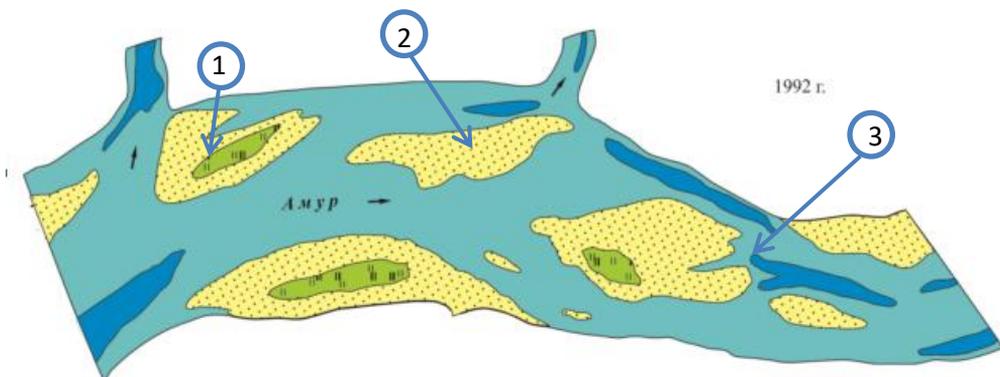


Рис. 4. Участок главного русла р. Амур между истоками проток Пемзенская и Бешеная (1992 г.)  
1 – остров 1; 2 – остров 2; 3- остров 3 .

В 2000 г. (рис. 5) остров (1) приключился к левому берегу р. Амур у истока протоки Пемзенской. В районе островов (2) и (3) продолжалась активная аккумуляция песчаных наносов. Вокруг островов (2, 3) так же находились небольшие песчаные осередки. Сток воды проходил вдоль левого берега реки Амур. В протоки Пемзенская и Бешеная уходила значительная часть стока.

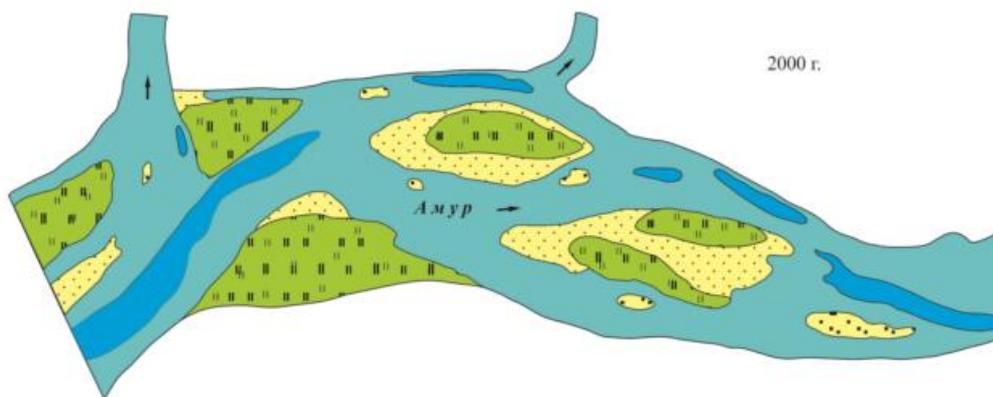


Рис. 5. Участок главного русла р. Амур между истоками проток Пемзенская и Бешеная (2000 г.)

В 2005–2006 г. протоки Пемзенская и протока Бешенная были перекрыты полностью каменной полузапрудой. После ее строительства сток в протоках существенно сократился до минимальных значений. Увеличение стока в восстановленном русле обусловило интенсивный размыв берегов, углубление русла в особенности ниже истока протоки Бешенной, а так же усиленное накопление наносов и формирование аккумулятивных форм ниже истока протоки Бешенной, а так же усиленное накопление наносов и формирование аккумулятивных форм ниже зоны активных эрозионных процессов.

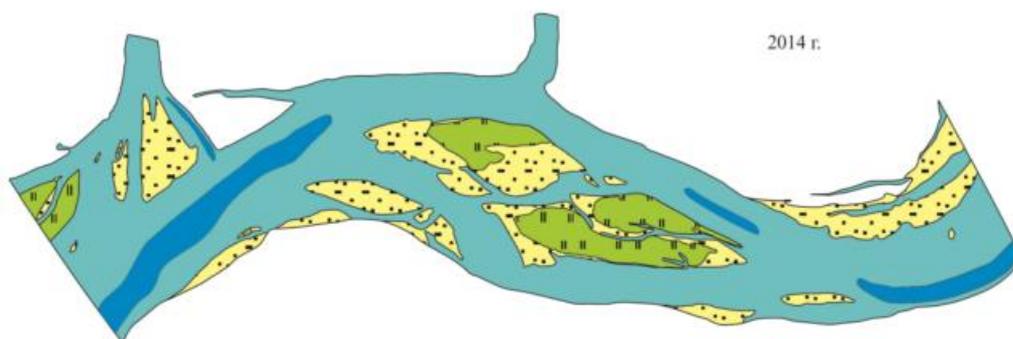


Рис. 6. Участок главного русла р. Амур между истоками проток Пемзенская и Бешеная (2014 г.)

В последующие годы доли стока в протоки Пемзенская и Бешенная постепенно увеличивались. Особенно это сказалось на протоке Пемзенской. Это обусловлено частичным разрушением полузапруд в истоках проток. В протоке Бешенной сток воды практически стабилизировался.

После паводка 2013 г. наносы, аккумуляровавшиеся между истоками проток Пемзенская и Бешеная, сместились ниже по течению. Увеличилось живое сечение русла реки между истоками проток Бешеная и Чумная (рис. 6).

Сравнение поперечных профилей 2012, 2013, 2019 гг. ниже истока протоки Пемзенской указывают на прогрессирующее уменьшение площади живого сечения русла Амура. После паводка 2013 г. глубина здесь уменьшилась почти на 2 м. Это свидетельствует о том, что после паводка 2013 г. сток в протоку

Пемзенскую увеличился вследствие частичного разрушения переливной дамбы паводковыми водами.

После наводнения в 2019 г. глубина в главном русле реки ниже истока протоки Пемзенской уменьшилась незначительно. Второстепенный правый рукав в истоке протоки Пемзенской своей верхней части после паводков стал заноситься песчаными отложениями, и глубина его уменьшилась почти на 2 м.

Несколько ниже истока протоки Пемзенской вдоль правого берега располагалась обширная коса размером 300x800 м. После паводков 2013 г. и 2019 г. она увеличилась в длину до 1,5 км за счет формирования на мелководье в ее устье обширной, косы в пределах которой произошло накопления песчаного материала мощностью до 4 м.

Так же изменения произошли с островами, расположенными напротив истока протоки Бешенной. Они продолжают объединяться в один большой остров, а узкая протока между ними заполняется песчано-илистыми наносами. Глубины в ней уменьшились на 1–1,5 м. Приверх этого формируемого объединенного острова за счет аккумуляции продвинулся вверх против течения на 50 м, а устье сместилось вниз по течению на 200 м.

На Дальнем Востоке необходимо учитывать возможность формирования катастрофических паводков при прохождении тайфунов и муссонных дождей, и вызванных ими коренных преформирований речных русел и пойм [2, 3, 4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kim V.I., Makhinov A.N.* Morphodynamics and Stability of the Amur Riverbed in the Lower Reaches // 8th International Conference (IAG) on Geomorphology (27–31 August in Paris, France) Paris, France, 2013. 548. Abstracts.: [Электронный ресурс].

2. *Makhinov A.N., Kim V.I., Voronov B.A.* Flooding in the Amur basin 2013: causes and consequences // *Vestnik DVO*, 2014. No. 2. P. 5–14.

3. *Makhinov A.N., Shuguang L., Kim V.I., Makhinova A.F.* Riverbed Processes on the Amur and Yangtze Rivers and their Negative Effects // 2<sup>nd</sup> International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers (21–25 July in Manaus, Amazon, Brasil) Manaus, Brasil, 2014. 0052. Abstracts.: [Электронный ресурс].

4. *Kim V. I., Makhinov A. N.* Deformation of the Amur river channel under the catastrophic flood of 2013 // 9th International Conference on geomorphology, Vigyan Bhawan, New Delhi, India, 6–11 November, 2017. New Delhi, India, 2017. P. 336–337.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ ПОЧВЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Поваров С.Ю.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## METHODOLOGICAL PROBLEMS OF DETERMINING OIL PRODUCTS IN WATER, SOILS AND BOTTOM SEDIMENTS

Povarov S.Y.

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The review deals with the methods for the determination of oil products used in monitoring systems for the state of the environment. The possibilities of the methods of gravimetry, fluorimetry, IR spectrometry, and gas chromatography are discussed. By comparing these methods, it has been established that the gas chromatography method has the highest efficiency in the analysis of oil products in the environment.

Нефть и разнообразные нефтепродукты (НП) представляют собой сложные смеси различных по природе компонентов, концентрации которых различаются на несколько порядков. Под воздействием различных химических и биологических процессов в окружающей среде происходит быстрая трансформация НП с образованием целого ряда органических соединений, иногда даже более токсичных чем исходный НП. В связи с этим задачи определения НП в водах, почвах, донных отложениях исключительно сложные. Для решения этих задач используют разнообразные методы предварительного выделения, разделения, концентрирования и конечного определения НП. В действующей аналитической практике нефтепродуктами принято считать сумму неполярных и малополярных углеводородов (УВ), которые растворимы в гексане и не сорбируются на оксиде алюминия. При определении НП в объектах окружающей среды следует исключить мешающее влияние суммы сопутствующих веществ как органической, так и неорганической природы. Определение НП включает стадии их концентрирования и отделения мешающих веществ. Концентрирование обычно проводится методом жидкостной экстракции. Мешающие определению вещества отделяют методом колоночной хроматографии на оксиде алюминия [1].

Определение НП в воде, почве и донных отложениях можно осуществлять дифференциальными (газовая, высокоэффективная жидкостная хроматография, хромато-масс спектрометрия) или интегральными (гравиметрия, флуориметрический метод, ИК-спектрометрия) методами. Гравиметрический метод (ГрМ) [2] основан на экстракции НП из пробы малополярными растворителями (хлороформ, гексан, четыреххлористый углерод); очистке экстракта от полярных веществ пропусканием его через колонку с сорбентом (оксид алюминия, содержащий 3% H<sub>2</sub>O), удалении экстрагента путем его выпаривания и взвешивания остатка для определения суммы НП. Границы диапазона измерений от 0,3 до 50 мг/л и более. Флуориметрический метод (ФМ) [3] основан на экстракции НП гексаном, очистке экстракта с последующим измерением интенсивности его флуоресценции. Границы диапазона измерений 0,005–50 мг/л. Для мониторинга нефтяных УВ наиболее распространен метод ИК-спектрометрии (ИКМ) [4], который позволяет определять сумму алифатических углеводородов и полиароматических углеводородов. Методика анализа основана на экстракции НП из про-

бы органическим растворителем ( $\text{CCl}_4$ ), очистке экстракта от полярных соединений методом колоночной хроматографии на оксиде алюминия и последующей регистрации ИК-спектра в области  $2700\text{--}3200\text{ см}^{-1}$ , обусловленного валентными колебаниями  $\text{CH}_3$ - и  $\text{CH}_2$ -групп алифатических, алициклических соединений и боковых цепей ароматических углеводородов, а также связей  $\text{C-H}$  ароматических соединений. Диапазон измерения  $0,02\text{--}2,0\text{ мг/л}$ . Методики определения НП в объектах окружающей среды, основанные на гравиметрии, флуориметрии и ИК-спектроскопии, позволяют получить информацию о суммарном содержании неполярных и малополярных УВ нефтяного происхождения. Однако с помощью этих методов нельзя идентифицировать индивидуальные углеводороды в НП. Такую задачу решают с помощью газовой хроматографии (ГХ) [5], которая принадлежит к самым эффективным методам обнаружения НП. Метод ГХ основан на разделении углеводородов нефти на неполярной фазе в режиме программирования температуры. НП экстрагируют из пробы гексаном, полученный экстракт очищают методом колоночной хроматографии на оксиде алюминия и очищенный экстракт анализируют на хроматографе с капиллярной колонкой и пламенно-ионизационным детектором. Качественная интерпретация осуществляется путем сопоставления хроматограмм экстрактов с хроматограммами стандартных растворов НП. Количественное определение НП в воде на газовом хроматографе осуществляется путем суммирования площадей хроматографических пиков углеводородов в диапазоне удерживания равным и (или) более  $n$ -октана ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ), т.е. суммирование площадей всех пиков углеводородов на хроматограмме начиная от октана и выше, и расчете содержания НП в воде по установленной градуировочной зависимости. Нижняя граница диапазона измерений составляет  $0,02\text{ мг/л}$ , согласно методике измерений [4]. Верхняя граница диапазона обусловлена возможностями оборудования.

В данной было произведено сопоставление возможностей и ограничений основных методов определения НП с помощью обзора и анализа отечественной литературы

Основное достоинство ГрМ заключается в том, что исключается необходимость использования стандартных образцов такого же состава, как и исследуемая проба. Также не требуется предварительная градуировка средств измерений. В силу этого метод принят в качестве арбитражного. К недостаткам метода можно отнести то, что в процессе пробоподготовки и проведения анализа возможны потери УВ, температуры, кипения которых менее  $100^\circ\text{C}$ . Погрешность данного метода может достигать до  $30\%$ . Еще одним существенным недостатком этого метода является длительный период времени, который требуется для проведения измерений. Поэтому его не применяют при текущем технологическом контроле на производстве, а также в других случаях, когда скорость получения результатов имеет первостепенное значение.

ФМ отличается высокой чувствительностью (границы диапазона измерений  $0,005\text{--}50\text{ мг/л}$ ), экспрессностью, небольшими объемами анализируемой пробы ( $\approx 100\text{ см}^3$ ) и отсутствием влияния липидов на точность результатов анализов. К недостаткам данного метода можно отнести то, что в формировании аналитического сигнала участвуют только ароматические УВ. Поскольку ароматические УВ обладают различными условиями возбуждения молекул и регистрации сигнала их эмиссии, наблюдается изменение спектра флуоресценции экстракта пробы с НП в зависимости от длины волны возбуждающего света. При возбуждении в ближней УФ и в видимой области

спектра, флуоресцируют только полиядерные углеводороды. Поскольку их доля мала и зависит от природы НП, наблюдается очень сильная зависимость аналитического сигнала от типа НП. Таким образом, ФМ определения НП, основанный на регистрации эмиссии в видимой области спектра, не пригоден для массовых аналитических измерений.

ИК-спектроскопия используется для анализа природных вод и промышленных стоков при концентрации нефтяных углеводородов от 0,05 до 50 мг/л (при использовании кюветы с длиной оптического пути 10 мм), не требует отгонки растворителя и нагрева экстракта, что исключает потерю УВ с низкой температурой кипения. Преимущество ИКМ заключается в меньшей потере легких фракций, чем при определении НП другими способами. Основное достоинство метода – это слабая зависимость аналитического сигнала от типа нефтепродукта, составляющего основу загрязнения пробы. Трудности, возникающие при использовании этого метода, связаны с мешающими влияниями липидов и других полярных соединений при их высоком содержании, в связи с тем, что оказывается исчерпанной емкость хроматографической колонки, применяемой для очистки экстракта УВ. Основной недостаток метода это его неэкологичность, обусловленная применением высокотоксичных растворителей. В силу указанных причин можно прогнозировать, что уже в ближайшие годы неизбежна замена ИКМ другими методами, в первую очередь методом газовой хроматографии.

ГХ метод идентификации и определения НП в природных и сточных водах характеризуется надежностью (информативность не менее 90%), позволяет установить углеводородный состав, суммарное содержание отдельных нефтяных фракций и дает возможность с высокой точностью установить тип НП (бензины, дизельное топливо, масла и др.) Последнее достоинство метода особенно ценно, так как дает возможность установить источник поступления НП в окружающую среду. Немаловажным достоинством ГХ метода определения НП в воде является возможность надежного определения этих приоритетных загрязнений в таких сложных для анализа объектах как сточные воды промышленных предприятий, почвы, донные отложения, часто содержащие до нескольких сотен разнородных компонентов, включая органические и неорганические соединения различных классов. Для установления более эффективного метода анализа НП была проведена оценка аналитических способов определения методом попарного сравнения. При сравнении аналитических методов применялись следующие критерии оценки: 1. Чувствительность аналитического метода; 2. Количественное определение НП; 3. Качественное определение НП; 4. Расход реактивов в ходе проведения анализов. При попарном сравнении последовательно сравниваются по два (из рассмотренных) метода анализа условно обозначенных на рис.1. «А» и «Б», в случае превосходства одного из методов над другим по сравниваемому показателю этому («лучшему») методу выдается оценка 2, «худшему» 0. В случае если не выявлено превосходства ни одного из двух сравниваемых методов каждому из них выдается оценка 1. Результаты сравнения приведены в таблицах 1–4, сумма результатов представлена в таблице 5.

	А	Б
А	2	
Б	0	

	А	Б
А	0	
Б	2	

	А	Б
А	1	
Б	1	

Рис. 1. Варианты присвоения оценок при попарном сравнении.

Таблица 1. Сравнение по критерию «Чувствительность аналитического метода»

	ГрМ	ФМ	ИКМ	ГХ
ГрМ		2	2	2
ФМ	0		2	2
ИКМ	0	0		1
ГХ	0	0	1	
Итого	0	2	5	5

Таблица 2. Сравнение по критерию «Количественное определение НП».

	ГрМ	ФМ	ИКМ	ГХ
ГрМ		2	2	2
ФМ	0		2	2
ИКМ	0	0		1
ГХ	0	0	1	
Итого	0	2	5	5

Таблица 3. Сравнение по критерию «Качественное определение НП»

	ГрМ	ФМ	ИКМ	ГХ
ГрМ		0	0	2
ФМ	0		0	2
ИКМ	0	0		2
ГХ	0	0	0	
Итого	0	0	0	6

Таблица 4. Сравнение по критерию «Расход реактивов в ходе проведения анализов»

	ГрМ	ФМ	ИКМ	ГХ
ГрМ		2	2	2
ФМ	0		2	2
ИКМ	0	0		0
ГХ	0	0	2	
Итого	0	2	6	4

Таблица 5. Итоговая таблица ранжирования методов определения НП

	ГрМ	ФМ	ИКМ	ГХ
Чувствительность метода	0	2	5	5
Количеств.опред. НП	0	2	5	5
Качествен.опред. НП	0	0	0	6
Расход реактивов	0	2	6	4
Итого	0	6	16	20

Таким образом, анализ по критериям сравнения показал, что наиболее оптимальным методом определения НП является газовая хроматография. Методики определения НП, основанные на гравиметрии, флуориметрии и ИК-спектрофотометрии, позволяют получить информацию о суммарном содержании нефтепродуктов. Однако данные методы не предусматривают предварительного разделения компонентов сложных смесей НП, что не позволяет установить точный состав НП. Полученная данными методами информация может являться недостоверной в случаях, когда сложные по составу пробы, после пропускания их через колонку с оксидом алюминия, будут содержать только лишь неполярные и малополярные УВ, составляющие основу анализируемых НП. Таким образом при определении НП по гравиметрической, флуориметрической и ИК-спектрофотометрической методикам результаты анализов могут оказаться завышенными, т.к. вместе с НП будут фиксироваться и другие органические соединения неизвестного строения, которые могут присутствовать в рассматриваемых объектах исследования. В случае использования газохроматографического метода завышения результатов анализов по НП не происходит, т.к. все компоненты анализируемой пробы разделяются и идентифицируются индивидуально. Следует также отметить, что Международной организацией по стандартизации (ISO) для определения содержания нефтепродуктов стандартизирован только метод газовой хроматографии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. М.: БИНОМ. 2011. 270 с.
2. ПНД Ф 14.1:2.116-97 «Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных и сточных вод методом колоночной хроматографии с гравиметрическим окончанием»
3. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»
4. ПНД Ф 14.1:2:4.168-2000 Методика (метод) измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах питьевых, природных и очищенных сточных вод методом ИК-спектрофотометрии с применением концентратометров серии КН
5. ГОСТ 31953-2012 Межгосударственный стандарт. Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии

---

---

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ СРОКОВ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКЕ АМУР

Романова Д.П.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия;  
romunova\_98@mail.ru*

## INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE CHANGE IN THE TIMING OF ICE PHENOMENA ON THE AMUR RIVER

Romanova D.P.

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia  
romunova\_98@mail.ru*

**Abstract.** Changes in the timing of ice phenomena on the Amur River are considered. For the period 1930–1990 compared to the period 1991–2021 the beginning of autumn ice phenomena in the lower reaches of the river shifted by 1–2 days to a later date, spring ice drift 2–3 days earlier, and the duration of freeze-up decreased by 3–5 days.

Важнейшим элементом гидрологического режима рек является ледовый режим. Особенно в районах Сибири и Дальнего Востока. Его продолжительность в данных регионах достигает полугода. В последние десятилетия в связи с глобальными изменениями климата наблюдается и изменение сроков ледовых явлений.

В бассейне реки Амур на примере двух постов дан анализ изменения продолжительности ледостава. Здесь особенно отчетливо прослеживается изменение климатических характеристик с 1990 г. прошлого столетия [1, 2, 3, 4, 5].

На рис.1 изображены линии трендов и продолжительность ледостава в р. Амур у с. Ленинское. Этот водомерный пост расположен на левом берегу в 1190 км от устья реки в пределах среднего Амура. Поскольку климатические изменения особенно заметны стали 1990 г. в дальнейшем рассматриваются два временных периода до 1990 г. и после. Анализируя данные, можно сделать вывод, что продолжительность ледостава изменялась не равномерно с 1930 по 2021 г.

Анализируя график на рис. 1б (период с 1931 по 1990 гг.), следует отметить значительную неоднородность продолжительности ледостава. Наиболее заметное снижение отмечалось в 1944–1945 (140 дней), 1947–1948 (140 дней), 1958–1959 (136 дней) и 1988–1989 (140 дней).

Периоды увеличения продолжительности ледостава: 1933–1934 (169 дней), 1940–1941 (161 день), 1976–1978 (162) и 1979–1980 (165 дней). В результате в период 1930–1990 гг. существенного изменения средней продолжительности ледостава не отмечается. Наблюдаются цикличное чередование уменьшения и увеличения продолжительности.

Другой выделенный временной участок с 1990–2021 гг. В это время также отмечаются периоды уменьшения и увеличения продолжительности ледостава.

Периоды увеличения продолжительности ледостава: 1996–1997 гг. (156 дней), 2000–2001 гг. (155 дней), 2009–2010 гг. (159 дней). Сравнивая их с предыдущим временным участком 1930–1990 гг., можно отметить большую разницу в сроках увеличения продолжительности ледостава между 159 днями (1990–2021) в сравнении с 169 днями (1931–1990).

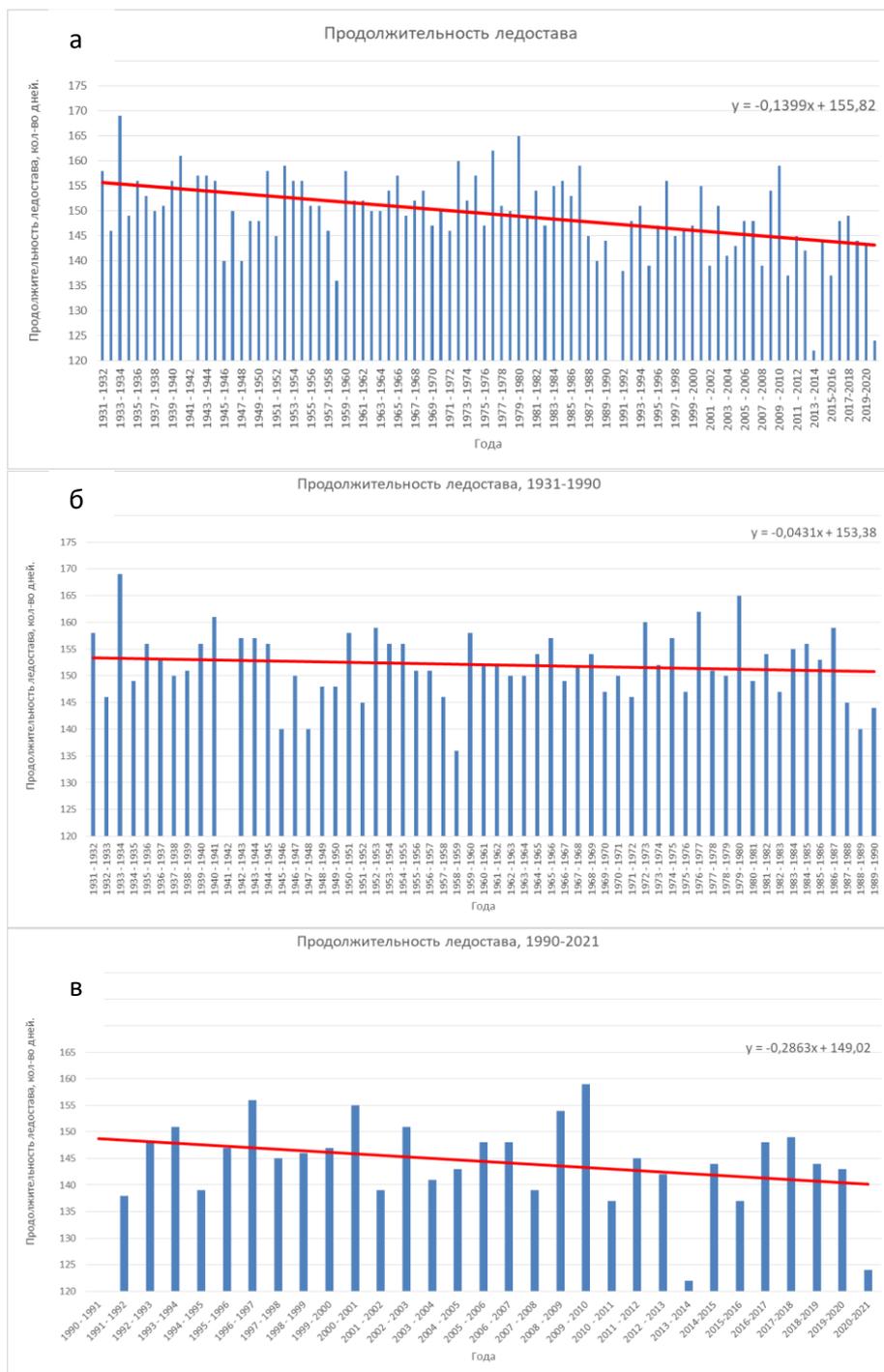


Рис. 1. Продолжительность ледостава на р. Амур – с. Ленинское за различные периоды времени: а – 1931–2021 гг., б – 1931–1990 гг., в – 1990–2021 гг.

Периоды уменьшения продолжительности ледостава: 2013–2014 гг. (122 дня) и 2020–2021 гг. (124 дня). Данные значения являются самыми минимальными за весь период наблюдения.

В период с 1990 по 2021 гг. наблюдается сокращение продолжительности ледостава. Линия тренда на рис. 1 в наглядно это демонстрирует. Средняя про-

должительность ледостава в эти периоды составила 152 дня и 146 дней соответственно. Снижение продолжительности составило 6 дней.

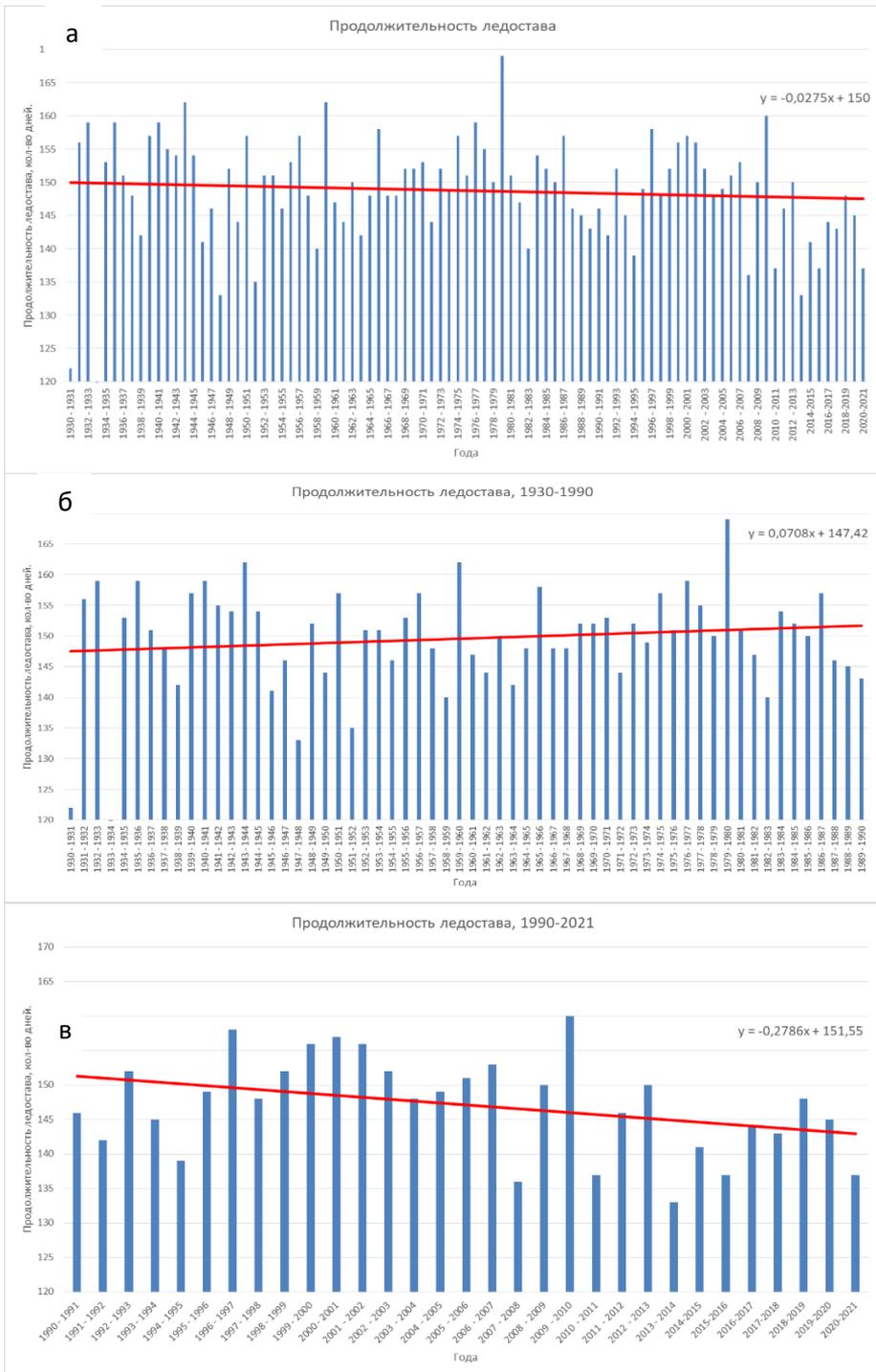


Рис. 2. Продолжительность ледостава на р. Амур – г. Хабаровск за различные периоды времени: а – 1931–2021 гг., б – 1931–1990 гг., в – 1990– 2021 гг.

Водомерный пост у г. Хабаровск расположен на 966 км от устья. Как и в Ленинском, наблюдается сокращение продолжительности ледостава (рис. 2). В период 1930–1990 гг. изменение средней продолжительности ледостава не отмечается. В 1979–1980 гг. продолжительность ледостава составила 169 дней, что значительно превышает среднее значение. Были периоды сокращения ледостава до 122 дней. Но на среднюю продолжительность ледостава это не повлияло. В 1930–1990 гг. в первую половину периода отмечались колебания в продолжительности ледостава, а во второй половине наоборот, мы наблюдаем скачки повышения данного показателя.

Во второй период с 1990–2021 гг. отмечается значительный тренд уменьшения продолжительности ледостава. На графике (рис. 1 в) видно, что основной спад показателя произошёл после 2010 г. Средняя продолжительность ледостава изменялась от 133 до 150 дней. До 2010 г. показатели продолжительности ледостава варьировались от 136–160 дней.

Продолжительность ледостава на р. Амур в районе г. Хабаровска начала сокращаться после 1990 г., и наиболее отчетливо это прослеживается с 2010 г.

Сравнение результатов в двух пунктах подтверждает общее снижение средней продолжительности ледостава. Наиболее сильно это проявляется в г. Хабаровске.

Таким образом, наиболее отчетливо изменение сроков ледовых явлений в бассейне р. Амур прослеживается с 1990 г. Анализ данных о ледовом режиме Амура до 1990 г. и после него свидетельствует о том, что начало ледовых явлений и начало ледостава сдвинулись на более поздние сроки. Одной из основных причин изменения ледового режима рек являются глобальные климатические изменения, выражающиеся в повышении приземной температуры воздуха. Они привели к более поздним датам начала ледовых явлений в осенний период и более раннему вскрытию реки весной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Novorotskiy P. V.* Climatic changes in the Amur basin over the past 115 years // *Meteorology and Hydrology*, 2007. No. 2. P. 43–53
2. *Kim V.I., Makhinov A.N.* Ice erosion of the Amur river banks // 21-st IAHR International Symposium on Ice. Dalian, China, June 11 to 15, 2012. (Dalian University of Technology Press). P. 150–159.
3. *Kim V.I., Makhinov A.M., Shmigirilov S.A.* Amur River Ice Regime // 2<sup>nd</sup> International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers (21–25 July in Manaus, Amazon, Brasil) Manaus, Brasil, 2014. 0051.
4. *Makhinov A.M., Kim V.I., Shmigirilov S.A.* The structure of ice and ice cover of the Amur River in the lower reaches in the sections of a branched channel // *Water Resource*, 2017. Vol. 44, Iss. 4. P. 432–441.
5. *Makhinov A.M., Kim V.I., Matveenko D.V.* Structure and long-term dynamics of ice cover in the lower reaches of the Amur River // *Snow and Ice*, 2018. Vol. 58. Iss. 1. P. 117–126.

**ОТКЛИК ЭСТУАРИЯ РЕКИ РАЗДОЛЬНОЙ (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ,  
ЯПОНСКОЕ МОРЕ) НА ГРУНТОВЫЙ ВОДООБМЕН В СИСТЕМЕ  
“ПОВЕРХНОСТНЫЙ-ПОДЗЕМНЫЙ ЭСТУАРИЙ”  
В ПЕРИОД ЗИМНЕЙ МЕЖЕНИ**

**Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Чаркин А.Н., Павлова Г.Ю., Анисимова Е.В.,  
Барабанщikov Ю.А., Тищенко П.П.**

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,  
Владивосток, Россия*

**RESPONSE OF THE ESTUARY OF THE RAZDOLNAYA RIVER  
(AMUR BAY, SEA OF JAPAN) TO GROUND WATER EXCHANGE  
IN THE "SURFACE-SUBTERRANEAN ESTUARY" SYSTEM  
IN THE PERIOD OF WINTER DROUGHT**

**Semkin P.Yu., Tishchenko P.Ya., Charkin A.N., Pavlova G.Yu., Anisimova E.V.,  
Barabanshchikov Yu. A, Tishchenko P.P.**

*V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia*

**Abstract.** We show how salt groundwater discharge is formed in an estuary bed under the influence of salt groundwater intrusion to the upper aquifer on the example of the Razdol'naya River estuary. Salt groundwater discharge was detected by highly active radium isotopes:  $^{224}\text{Ra}$  – 66.32,  $^{223}\text{Ra}$  – 2.85,  $^{228}\text{Ra}$  – 159.15 dpm 100L<sup>-1</sup>. According to the data provided by an anchored autonomous station installed in the area of salt water discharge influence during the freeze-up period, the temperature reaches 2.5°C in the salt water wedge. We present new evidence documenting the natural process that may result in a lower level of oxygen saturation in an estuary irrespective of man-induced effects.

Разгрузка грунтовых вод (ГВ) в прибрежных акваториях подразумевает поступление пресных подземных вод суши и формирующегося повсеместно за счет рециркулируемой морской воды [1], существующей в виде клина соленых подземных вод, повсеместно в прибрежных водоносных горизонтах [5]. Поэтому, наряду с эстуариями в их классическом понимании обсуждаются также и подземные эстуарии [3], в которых морские и пресные подземные воды взаимодействуют между собой. Актуальность исследований разгрузки ГВ связана в основном с возникновением специфических экологических ситуаций, таких как температурные аномалии, потоки биогенных, органических и загрязняющих веществ, гипоксия придонных вод и красные приливы [2, 3, 4]. Цель данной работы – представить характеристику влияния разгрузки ГВ на комплекс гидролого-гидрохимических характеристик в эстуарии реки Раздольной в период зимней межени и покрытия льдом.

Трансграничная река Раздольная (Китай – Приморский край РФ) впадает в северную часть Амурского залива, который является заливом второго порядка залива Петра Великого, расположенного в северо-западной части Японского моря (Рис.). Средний расход реки на посту в селе Тереховка при осреднении за период 10 лет с 2008 года (<http://gmvo.skniivh.ru/>) составляет 97.8 м<sup>3</sup>/с. В водном режиме р. Раздольной выделяется устойчивая зимняя межень со среднемесячным расходом реки в январе и феврале – 2–3 м<sup>3</sup>/с, и абсолютным наименьшим расходом в феврале – 0.3 м<sup>3</sup>/с. Весеннее половодье наблюдается в мае. Абсолютные максимумы расхода в период паводков летом и осенью в отдельные

годы превышают  $3000 \text{ м}^3/\text{с}$ . В период ледостава с конца ноября по начало апреля в эстуарии р. Раздольной устанавливается режим проникновения клина осолоненных вод на расстояние до 28 км от устьевого бара. При этом соленость воды в Амурском заливе составляет около 34‰, а выше мелководного лимана – не более 26‰.

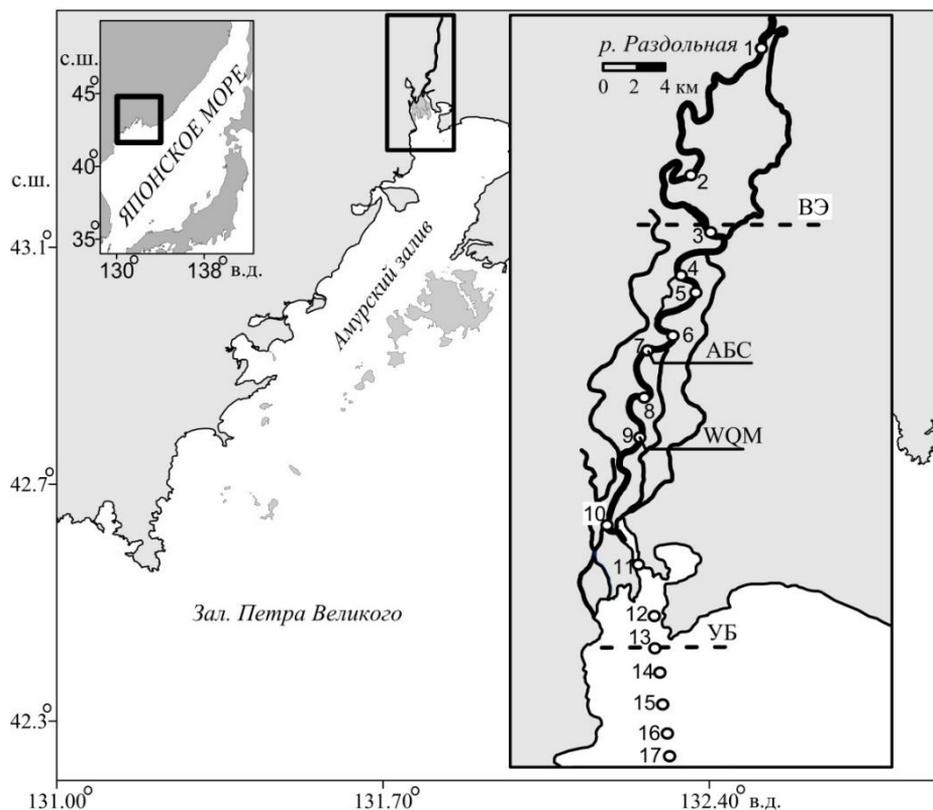


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб 10.02.2020 – 13.02.2020. ВЭ – вершина эстуария, УБ – устьевой бар, АБС – автономная буйковая станция с измерителями течений в феврале 2020 г., WQM (Water Quality Monitor) – донная автономная станция, установленная с декабря 2013 по март 2014 г.

С 10 по 13 февраля 2020 г. были отобраны пробы воды на 17 станциях на протяжении эстуария р. Раздольной (Рис.). С использованием системы задержанных совпадений (RaDeCC) проведены измерения растворенных изотопов радия  $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ . Стабильные изотопы  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  анализировали на лазерном анализаторе Picarro L2130-i (Picarro Inc., USA) с использованием стандарта VSMOW-2. Биогенные вещества в неорганической форме определяли спектрофотометрическим методом. Соленость измеряли на солемере Guildline Autosal 8400B (Guildline Instruments, USA). Концентрации макрокомпонентов определяли на хроматографе LC-20A (Shimadzu, Japan). Для получения профилей температуры, солености, мутности, освещенности и кислорода на каждой станции использовали профилограф SBE 19 plus (Sea-bird Electronics, USA) и оптический датчик кислорода ARO2-Infinity (JFE Advantech Co., Ltd., Japan). В районе разгрузки ГВ измеряли течение с использованием электромагнитных измерителей (INFINITY JFE Advantech Co., Ltd., Japan) в составе заякоренной автономной станции. Внутрисезонная изменчивость температуры придонного

слоя воды в районе разгрузки ГВ была получена ранее (с декабря 2013 г. по март 2014 г.) с помощью автономной донной станции Water Quality Monitor (WQM) (Wet-Labs, USA).

Разгрузка ГВ обнаружена на основании “квартета радия” и положительной температурной аномалии в вершине эстуария на ст. 6 (Рис.) в период зимней межени и покрытия льдом в феврале 2020 г. Активность радионуклидов в зоне разгрузки ГВ составляет:  $^{224}\text{Ra} - 66.32 \pm 0.60 \text{ dpm } 100\text{L}^{-1}$ ,  $^{223}\text{Ra} - 2.85 \pm 0.17 \text{ dpm } 100\text{L}^{-1}$ ,  $^{228}\text{Ra} - 159.15 \pm 0.13 \text{ dpm } 100\text{L}^{-1}$ . Измеренные течения в районе влияния ГВ на ст. 7 (Рис.) указывают на существование избыточного потока осолоненных вод в приемный бассейн со средней скоростью за сутки 2.3 см/с. Температура подземных и речных вод была соответственно +4.3 и +0.09°C, морских вод минус 1.2°C, при этом температура в придонном слое вод в районе разгрузки ГВ повышалась до +1.2°C. По данным заякоренной автономной станции WQM, установленной в районе влияния ГВ (Рис.), температура клина осолоненных вод в период ледостава достигает 2.5°C. Состав стабильных изотопов  $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$  и макрокомпонентов в зоне разгрузки определяется соотношением доли морских и речных вод. При этом влияние глубинных подземных вод, имеющих облегченный изотопный состав, не прослеживается. Поэтому, в качестве основной причины разгрузки ГВ рассматривается проникновение морской рециркулируемой воды в верхний водоносный горизонт в период зимней межени и последующая разгрузка этих вод в наиболее глубоком плёсе эстуария. Согласно гидрогеологическому районированию, проникновение морских вод в верхний водоносный горизонт в пределах эстуария реки Раздольной (песчано-галечные отложения поймы) сопровождается повышением минерализации подземных вод до 27 г/л. Соответственно разгрузка осолоненных грунтовых вод приводит к росту солености в верхней части эстуария.

Установлено, что насыщение вод кислородом имеет отрицательную корреляцию с короткоживущим радионуклидом  $^{224}\text{Ra}$  – это указывает на участие потока ГВ в формировании кислородного режима вод в эстуарии реки Раздольной в период ледостава. В районе разгрузки ГВ отмечено повышение соотношения DIN/DIP и понижение соотношения DISi/DIN.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 21-77-0028) и гранта Президента Российской Федерации (проект МК-153.2020.5).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Burnett W.C., Aggarwal P.K., Aureli A. et al. Quantifying submarine groundwater discharge in the coastal zone via multiple methods // *Science of The Total Environment*. 2006. V. 367(2–3). P. 498–543.
2. Guo X., Xu B., Burnett W.C. et al. Does submarine groundwater discharge contribute to summer hypoxia in the Changjiang (Yangtze) River Estuary? // *Science of The Total Environment*. 2020. V. 719.
3. Moore W.S. The subterranean estuary: a reaction zone of ground water and sea water // *Marine Chemistry*. 1999. V. 65(1–2). P. 111–125.
4. Wang X., Baskaran M., Su K., Du J. The important role of submarine groundwater discharge (SGD) to derive nutrient fluxes into River dominated Ocean Margins – The East China Sea // *Marine Chemistry*. 2018. V. 204. P. 121–132.
5. Werner A.D., Bakker M., Post V. et al. Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges // *Advances in Water Resources*. 2013. V. 51. P. 3–26.

**СОДЕРЖАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ВОДЕ МАЛЫХ РЕК ХАБАРОВСКА В ПЕРИОД ЗИМНЕЙ МЕЖЕНИ****Синькова И.С., Шестеркин В.П.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия***CONTENT OF COMPOUNDS OF MINERAL FORMS OF NITROGEN IN THE WATER OF SMALL RIVERS OF Khabarovsk DURING WINTER LOW WATER****Sinkova I.S., Shesterkin V.P.***Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The study presents the results of hydrochemical studies of the waters of small rivers draining the territory of Khabarovsk and its environs represented by the Bolshekhkhehtsir Nature Reserve. The winter low-water periods of 2017–2021, lasting from December to February, were taken as time intervals for observations. Guided by generally accepted methods, pH, nitrate, nitrite and ammonium nitrogen levels were determined. The dynamics of their quantitative distribution was considered. By means of correlation analysis, the probable causes of such correlations in the content of mineral forms of nitrogen in the waters of small rivers of Khabarovsk were revealed.

Проблема качества воды малых рек крупных городов актуальна для многих стран мира. Такие водотоки являются наиболее уязвимыми к антропогенному воздействию, поскольку не обладают значительной самоочищающей способностью по сравнению с крупными реками, а также испытывают воздействие как точечных сбросов сточных вод, так и диффузионных источников загрязнения. Наиболее остро загрязнение проявляется в маловодный период на территориях городов с высокой плотностью населения. В условиях Дальнего Востока России максимальное загрязнение малых рек урбанизированных территорий в основном наблюдается в период зимней межени с декабря по февраль, когда питание водотоков осуществляется подземными водами и сточными водами жилищно-коммунального хозяйства, а разбавление атмосферными осадками отсутствует.

Минеральные формы азота (аммонийная, нитритная и нитратная) – вещества, которые лимитируют качество природных вод и определяют биологическую продуктивность водных объектов. Деятельность человека оказывает существенное влияние на естественный цикл азота, привнося в водотоки большое количество соединений азота и органических веществ, что неизменно отражается на протекании процессов нитрификации и денитрификации.

Гидрохимические исследования осуществляли в зимние периоды ежемесячно с декабря 2017 г. по февраль 2021 г. в центральной части г. Хабаровска и его окрестностях, в том числе эпизодически в Государственном заповеднике «Большехехцирский», расположенном в 15 км от города.

Пробы воды отбирали с поверхности на середине рек. Анализы осуществлялись в Центре коллективного пользования при Институте водных и экологических проблем ДВО РАН по общепринятым при гидрохимических исследованиях методикам. Определяли значения pH, содержание нитратного, нитритного и аммонийного азота.

Корреляционный анализ проводился в программном комплексе STATISTICA 10.

Химический состав вод малых рек Хабаровска и его окраин формируется на Средне-Амурской низменности, ограниченной на севере Воронежскими высотами, на юге – предгорьями Большого и Малого Хехцира. В зимний период питание рек осуществляется преимущественно подземными водами Воронежского (северная и центральная часть города) и Малохехцирского (южная часть) гидрогеологических массивов и Хабаровского артезианского бассейна (восточная часть). Воды этих гидрогеологических массивов – гидрокарбонатные смешанного состава с минерализацией 50–200 мг/л [1]. В центральной части города важным источником питания являются воды систем водоснабжения и водоотведения вследствие их изношенности.

Реки, дренирующие территорию Большехехцирского заповедника, в отсутствие хозяйственной деятельности на водосборе, содержат очень низкие концентрации аммонийного и нитритного азота ( $< 0,08$  и  $0,014$  мг/л соответственно) и повышенные – нитратного (до  $3,84$  мг/л) [4]. Данные показатели принимаются за фоновые значения для рассматриваемой территории.

Малые реки центральной части города (Плюснинка, Чердымовка), питающиеся теплыми водами изношенных систем водоснабжения и водоотведения, протекают внутри бетонных коллекторов, поэтому в устьевых участках даже в самые сильные морозы не покрываются льдом. Водотоки характеризуются широким варьированием концентраций минеральных форм азота (рис 1 а, b), среди которых в большинстве случаев доминирует ион аммония. Максимальное содержание иона аммония ( $7,41$  мг/л) было зафиксировано в декабре 2017 г. в воде р. Чердымовка, дренирующей территорию с частично малоэтажной застройкой. Меньше этого вещества ( $1,47$  мг/л) отмечалось в феврале 2019 г. (рис. 1 а). В воде р. Плюснинка, дренирующей территорию города с высотными строениями, содержание аммонийного азота изменялось в более узких пределах:  $0,9$ – $5,2$  мг/л. Содержание нитритного азота не превышало  $0,93$  мг/л, нитратного –  $9$  мг/л. Большие различия в концентрациях этих форм азота были обусловлены широким спектром диффузионных источников загрязнения и эпизодическим поступлением сточных вод в речную сеть. Поэтому определенных закономерностей в течение зимы в содержании минеральных форм азота не отмечается, максимальные значения могут наблюдаться в любом месяце зимы.

Малые реки северной и юго-восточной окраин (Полежаевка, Красная речка), дренирующие районы частного сектора и садово-огородные участки, питаются подземными водами аллювиальных отложений, поэтому в суровые зимы промерзают до дна (2020–2021 гг.). Характеризуются незначительным, порой не превышающим предел обнаружения, содержанием нитритного азота ( $< 0,03$ – $0,24$  мг/л). Соотношение количества аммонийного азота к нитратному, как правило, ниже, чем в водах других рек города (рис. 1 с, d). Наименьшие значения содержания нитратного азота (от  $0,63$  мг/л в р. Полежаевка) характерны для вод с анаэробной или близкой к ней средой, наибольшие значения (до  $10,1$  мг/л в р. Красная речка) – при доминировании в питании подземных вод.

Малые реки южной и северо-восточной окраин (Черная, Гнилая падь, Матрениха, Безымянная), питающиеся в основном неочищенными сточными водами, зимой покрываются ледяным покровом лишь в суровые морозы. Характеризуются значительным доминированием аммонийного азота (до  $54$  мг/л) и крайне низким уровнем содержания окисных форм азота (рис. 1 e, f, g, h) ввиду анаэробных условий.

На рис. 1 показано, что содержание аммонийного азота в разные годы не отличается стабильностью, и относительно фонового значения ( $0,08$  мг/л) является более высоким. Аналогичное превышение фонового значения ( $0,014$  мг/л) отмечено и для содержания нитритного азота, максимальное значение которого

зафиксировано для вод рек центральной части города. Содержание нитратного азота в воде рек превышает фоновое значение (3.84 мг/л) в значительно меньшей степени. Только воды рр. Полежаевка, Красная речка, Плюснинка и Чердымовка содержат его больше.

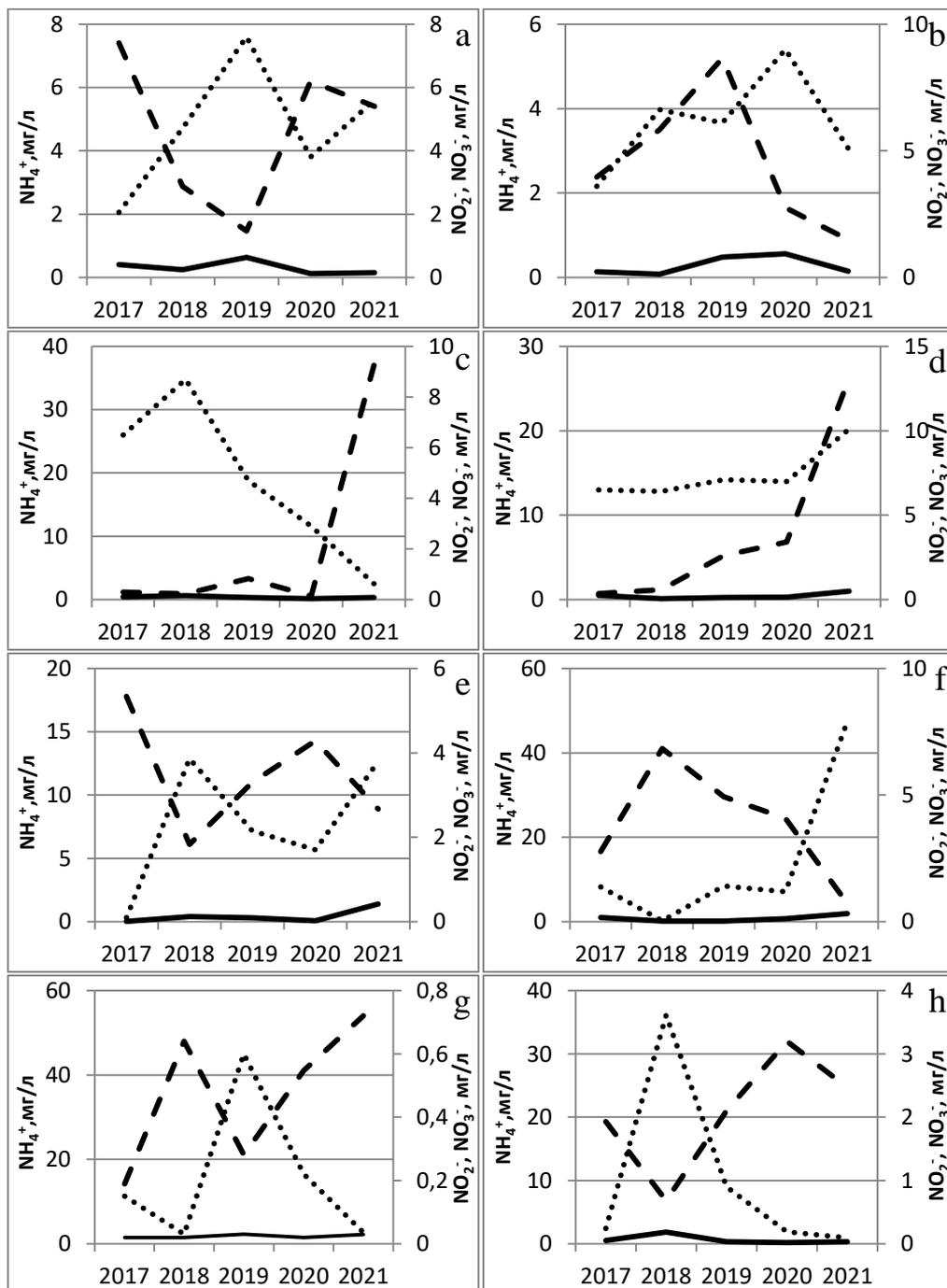


Рис. 1. Содержание  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  в реках: а) Чердымовка; б) Плюснинка; в) Полежаевка; д) Красная речка; е) Гнилая падь; ф) Матрениха; г) Безымянная; ж) Черная. Условные обозначения: штрихи –  $\text{NH}_4^+$ ; линия –  $\text{NO}_2^-$ ; точки –  $\text{NO}_3^-$

Таблица 1. Корреляционная матрица содержания  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  в водах малых рек Хабаровска зимой 2017–2021 гг.

	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$
$\text{NH}_4^+$	<b>1.00</b>	–	–
$\text{NO}_2^-$	<b>0.01</b>	<b>1.00</b>	–
$\text{NO}_3^-$	<b>-0.65</b>	<b>0.16</b>	<b>1.00</b>

Для упорядочения значений концентраций минеральных форм азота был проведен корреляционный анализ. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Для интерпретации полученных данных результаты корреляционного анализа были соотнесены с известной схемой окисления азотных соединений в воде рек. Отсутствие корреляции между  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_2^-$  ( $k = 0.01$ ), вероятно, свидетельствует о слабой активности процесса окисления  $\text{NH}_4^+$  до  $\text{NO}_2^-$ . Такое нарушение азотного цикла обусловлено недостатком свободного кислорода, необходимого для жизнедеятельности аммиачно-окисляющих бактерий, участвующих в процессе нитрификации [5], поскольку на малых реках Хабаровска, не укрытых в бетонные коллекторы, формируется толстый ледяной покров.

Недостаток кислорода также влияет на угнетение нитритно-окисляющих бактерий [5], что демонстрируется крайне слабой активностью процесса окисления нитритного азота до нитратного и подтверждается отсутствием корреляции между  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  ( $k = 0.16$ ).

В результате нарушения нитрификации в воде наблюдается переизбыток аммонийного азота, ввиду невозможности его окисления до  $\text{NO}_3^-$ , на что указывает отрицательный коэффициент корреляции ( $k = -0.65$ ) между  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$ .

Следует подчеркнуть, что описанные нарушения оказывают влияние на процесс денитрификации, ввиду чего восстановление азота из окисленных форм происходит в меньших объемах. На скорость протекающих реакций отрицательно влияют низкие температуры воды [2].

При условии дефицита свободного кислорода возможным способом окисления аммонийного азота является анаммокс [2]. Такой процесс окисления обычно не ограничен уровнем содержания аммония, который, как правило, достаточно высок в естественных водных системах, но сильно зависит от доступности акцептора электронов – нитрита. Поскольку в водах малых рек г. Хабаровска количество нитритного азота значительно уступает уровню аммонийного азота, в условиях низких температур окисление аммония происходит в малых количествах.

Аналогом анаммокса может служить сульфатно-зависимый анаммокс, в ходе которого происходит следующая реакция:  $2\text{NH}_4^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ . В случае рассматриваемых нами рек такой путь окисления не возможен по причине уровня pH в малых реках в диапазоне 6.2–7.6 [4], в то время как для эффективного сульфатно-зависимого анаммокса необходим  $\text{pH} > 8.0$  [3].

Таким образом, воды малых рек Хабаровска в зимнюю межень загрязнены аммонийным и нитритным азотом с многократным превышением содержания по сравнению с принятыми фоновыми содержаниями для рассматриваемой территории (в 675 раз по аммонийному азоту, в 92 раза по нитритному азоту).

Максимальное загрязнение аммонийным азотом отмечено для вод рек южной и северо-восточной окраины города, дренирующих территории с малоэтажной застройкой и питающихся неочищенными сточными водами жилищно-коммунального хозяйства. Повышенное содержание аммонийного азота и загрязнение нитритным азотом отмечено в воде рек центральной части города, питающихся водами изношенных систем водоснабжения и водоотведения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аверьянова Л.П., Горейко Д.Л., Кулаков В.В.* Подземные воды района Хабаровска и их загрязнение. Вопросы географии Дальнего Востока. Хабаровск: как он есть сегодня (экологическое состояние), 1998. 21. С. 115–118.
2. *Kallistova A.Yu., Dorofeev A.G., Nikolaev Yu. A., Kozlov M.N., Kevbrina M.V., Pimenov N.V.* Role of Anammox Bacteria in Removal of Nitrogen Compounds from Wastewater, *Microbiology*, 2016. 85 (2), С. 140–156. doi.org/10.1134/S0026261716020089
3. *Liu S., Yang F., Gong Z., Meng F., Chen H., Xue Y., Furukawa K.* Application of anaerobic ammonium-oxidizing consortium to achieve completely autotrophic ammonium and sulfate removal. *Bioresource Technology*, 2008. 99, С. 6817–6825. doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.054
4. *Шестеркин В.П., Афанасьева М.И., Шестеркина Н.М.* Особенности качества воды малых рек Хабаровска в зимний период. Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2019. 3, С. 42–51. doi: 10.31857/S0869-78092019342-51
5. *Wang N., Gao J., Liu Y., Wang Q., Zhuang X., Zhuang G.* Realizing the role of N-acyl-homoserine lactone-mediated quorum sensing in nitrification and denitrification: A review. *Chemosphere*, 2021. 274, 129970. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129970

**МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И СОЛЕВОЙ СОСТАВ ВОД СРЕДНЕГО АМУРА****Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия***MINERALIZATION AND SALT COMPOSITION OF THE WATERS OF THE MIDDLE AMUR****Shesterkin V.P., Shesterkina N.M.***Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk*

**Abstract.** The spatial and temporal variability of water salinity and salt composition of the Amur River near Khabarovsk in 2017–2021 was considered. An uneven distribution of water salinity over the river width was established, the greatest differences were observed in the winter low-water period, the lowest in the period of spring floods and floods. The maximum value of salinity was noted in winter, in the period of open channel – after very strong floods.

Минерализация и солевой состав природных вод – важные геохимические характеристики территории, зависящие от состава почв и подстилающих пород, климатических условий, водного стока и хозяйственной деятельности на водосборе.

Первые сведения о минерализации вод Амура у Хабаровска были получены на основе наблюдений УГМС ДВ в 1949 г. (в 1943 и 1944 гг.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  не определяли), которые свидетельствуют о широкой амплитуде колебаний значений минерализации (38.6–137.7 мг/л). Наименьшие ее величины отмечались в половодье, наибольшие – зимой. Среднегодовое значение составило 68.7 мг/л. Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  было ниже 8.9 и 4.0 мг/л соответственно. Среди катионов преобладал  $\text{Ca}^{2+}$  (31.9%-экв), среди анионов –  $\text{HCO}_3^-$  (40.7%-экв).

Мониторинг Росгидромета в 1950–1970 гг. свидетельствовал о значительном различии минерализации вод Амура (28.3–161.1 мг/л), в среднем составляющей 75.0 мг/л. Значительная амплитуда колебаний концентраций отмечалась для  $\text{Cl}^-$  (0.4–5.8 мг/л) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (2.7–15.4 мг/л). В солевом составе наблюдалось постепенное снижение  $\text{Ca}^{2+}$  (с 30.8 до 24.4%-экв) и  $\text{HCO}_3^-$  (с 41.9 до 34.4%-экв), что указывало на усиление влияния антропогенных факторов.

Активизация хозяйственной деятельности в китайской части бассейна Амура и развитие гидроэнергетики в российской части оказала большое влияние на водный, а соответственно и ионный сток. Наблюдения Росгидромета у г. Хабаровск в 1985–2009 гг. свидетельствовали о больших пределах величины минерализации (25.4–263.0 мг/л). Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  варьировало от 4.6 до 20.2 мг/л и от 0.1 до 12.6 мг/л соответственно. В более широком диапазоне концентраций изменялись  $\text{Cl}^-$  (0.8–15.9 мг/л) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (<2.0–50.0 мг/л) [1].

Исследования ИВЭП ДВО РАН в зимнюю межень 1997–2014 гг. свидетельствовали о снижении минимальных и максимальных среднемноголетних значений минерализации из-за появления ГЭС в бассейне Амура до 68.2 и 147.0 мг/л соответственно. Максимальная величина (до 185.5 мг/л) отмечалась в декабре 1998 г. после исторического наводнения в бассейне р. Сунгари [2]. Среднее за зиму значение составило 96.7 мг/л, по сравнению с 1950–1967 гг. снизилось в 1.3 раза. Неравномерное распределение минерализации по ширине Амура у Хабаровска было обусловлено влиянием составляющих его сток основных

притоков: Усури, Сунгари, Зея, Буря. Среднее за период наблюдений значение минерализации у правого берега (350 м) составляло 95.8, на середине (500–700 м) – 102.7, у левого берега (900–1100 м) – 82.2 мг/л [4]. В период открытого русла наибольшая величина минерализации наблюдалась после наводнения в бассейне р. Сунгари (до 149 мг/л) из-за выноса солей с затопленных полей Китая.

В 2013 г. во время исторического наводнения на Амуре у Хабаровска при максимальном за период наблюдений уровне воды (808 см) ее минерализация изменялась в пределах 50.2–113.9 мг/л, среднее значение составило 73.5 мг/л [3]. Среди ионов отмечалось значительное преобладание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$  (24.8 и 38.0%-экв соответственно).

Появление Нижне-Бурейской ГЭС, а также участвовавшие в последние годы наводнения, обусловили необходимость изучения минерализации и солевого состава вод Амура у Хабаровска за период 2017–2021 гг.

Мониторинг на р. Амур у Хабаровска осуществляли на 5–6 равномерно распределенных по ширине реки пунктах в зимнюю межень (январь–март, декабрь) и период открытого русла (май–октябрь) в 2017–2021 гг. Пробы воды отбирали с поверхности, анализировали в ЦКП при ИВЭП ДВО РАН по принятым при гидрохимических исследованиях методам.

**Зимняя межень** на р. Амур у г. Хабаровск в 2017–2021 гг. характеризовалась как повышенной (2017, 2020 и 2021 гг.), так и пониженной (2018, 2019 гг.) водностью (рис.1). Высокие значения в основном были обусловлены повышенными расходами воды рр. Зея и Буря ниже ГЭС в декабре-феврале суммарно составляющих 1744–1868 м<sup>3</sup>/с (в 2018–2019 гг. они изменялись от 1349 до 1488 м<sup>3</sup>/с). Максимальный водный сток отмечался в 2021 г., когда уровни воды в период ледостава не опускались ниже -20 см (рис. 1).

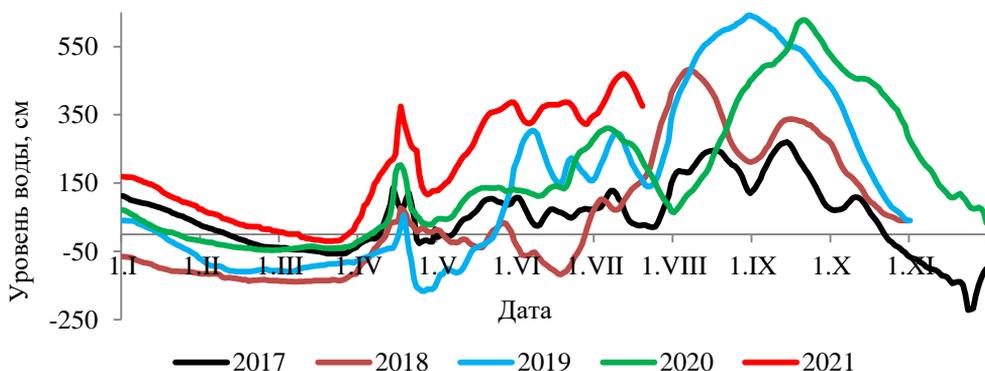


Рис. 1. Уровень воды р. Амур у г. Хабаровск в 2017–2021 гг.

Минерализация воды р. Амур у г. Хабаровск в зимнюю межень 2017–2021 гг. изменялась от 49.0 до 142.6 мг/л. У левого берега она находилась в пределах 49.0–95.8 мг/л, на середине реки – 88.6–142.6 мг/л, у правого берега – 87.8–125.2 мг/л. Наибольшее различие в значениях по ширине реки отмечалось в многоводном 2017 г. (69.1 мг/л), наименьшее – в маловодном 2018 г. (24.6 мг/л). В период ледостава на середине и у левого берега из-за влияния зарегулированных рек Зея и Буря, характеризующихся низким содержанием солей (<40 мг/л), наблюдалось постепенное снижение минерализации (рис. 2). Сред-

ние за зиму значения изменялись от 82.7 до 113.0 мг/л, причем максимум был зафиксирован в многоводном 2021 г.

Среднемноголетнее значение составило 99.4 мг/л, в 1,5 раза было выше, чем в 1997–2014 гг. Такое увеличение минерализации при повышенном стоке рр. Зея и Бурея могло быть вызвано усилением выноса солей с территории КНР. Об этом свидетельствует более высокое, чем в 1950–1970 гг., содержание  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  на середине Амура (6.2 и 14.4 мг/л соответственно) в сентябре 2020 г., их вклад в солевой состав воды достигал 9.4 и 18.9% соответственно.

**Весеннее половодье** отмечается во II–III декаде апреля. Максимальный уровень воды отмечался в апреле 2021 г., несколько ниже он был в апреле 2020 г. В остальные годы его значение не превышало 136 см (рис. 1).

В апреле из-за ледохода исследования на р. Амур обычно не проводятся. Исключением стал 2020 г., когда разрушение дамбы на притоке р. Сунгари, вызвало необходимость ведения мониторинга на р. Амур [5]. Исследования у левого берега протоки Амурская, в которую воды Амура поступают по протоке Казакевичева (ныне протоки Фуюаньская), свидетельствовали о повышенных значениях минерализации и концентраций ионов антропогенного генезиса. Минерализация воды достигала 102.6 мг/л, ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  – 10.6, 7.4 и 16.2 мг/л соответственно. Максимальным был и вклад этих ионов в солевой состав вод Амура – до 16%, 7.5% и 12.5% соответственно. У правого берега Амура, сформированной водами р. Уссури, их содержание было ниже – 45.5, 3.2 и 6.5 мг/л соответственно. Несколько выше были их концентрации в левобережной части русла Амура – 78.7, 5.0 и 8.9 мг/л также соответственно.

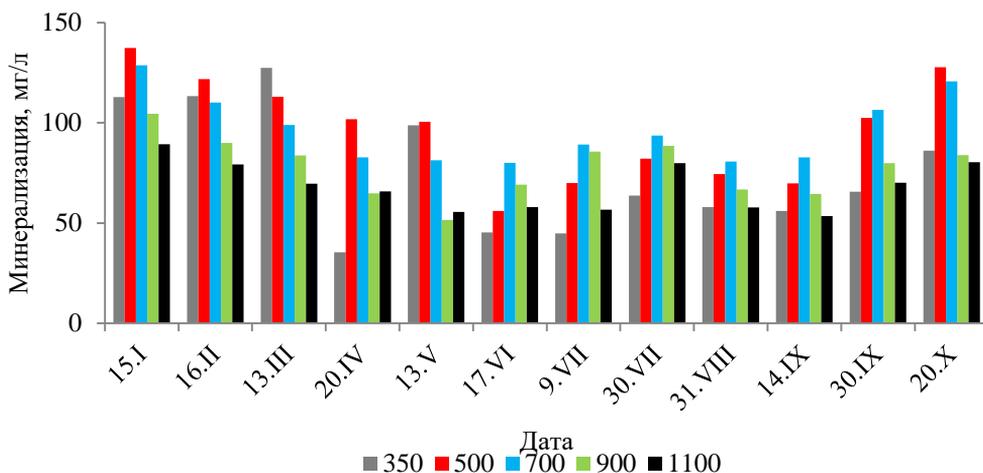


Рис. 2. Распределение минерализации в воде р. Амур от правого до левого (м) берега у г. Хабаровск в 2020 году

В конце апреля – начале мая уровень воды р. Амур резко снижается, причем в 2019 г. значительно. Максимальный водный сток за счет повышенной осенней водности рек и активизации циклонической деятельности наблюдался лишь в 2021 г. (рис. 1).

Минерализация вод Амура в это время из-за питания дождевыми и тальными снеговыми водами понижается, варьирует в пределах 37.8–100.5 мг/л, в среднем составила 64.9 мг/л. Максимальные значения из-за сформированного в бассейне р. Сунгари небольшого паводка отмечались в правобережной части реки в

мае 2020 г. (рис. 2). Об этом свидетельствует более высокое содержание  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  (6.5, 4.5 и 12.8 мг/л соответственно) в этой части Амура, по сравнению с другими, а также повышенный их вклад (до 11.3, 4.8 и 10% соответственно) в солевой состав. По ширине Амура наибольшие различия в минерализации (до 45.0 мг/л) были в многоводные 2020–2021 гг., наименьшие (до 24 мг/л) – в маловодные 2017–2019 годы.

**Летняя межень** имеет кратковременный характер, обычно отмечается в срок от 2–3 до 6–8 дней, лишь с 1 по 27 июня 2018 г. значения были менее -5 см (рис. 1). Низкие уровни воды отмечались в июле 2017 г. (20 см), в июне 2018 г. (-118 см) и августе 2020 г. (64 см). В многоводные годы (2019, 2021 гг.) периоды с низкой водностью отсутствовали.

В наиболее маловодную летнюю межень 2018 г. минерализация воды находилась в пределах 50.1–76.0 мг/л, в среднем составляла 64.2 мг/л. Различие в значениях минерализации по ширине Амура между правобережной частью и серединой достигало 25.9 мг/л. Особенностью химического состава вод было низкое содержание нитратного азота (<0.04 мг N/л). На середине реки отмечалось более высокое, чем в мае содержание  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  (7.8 и 5.2 мг/л соответственно), вклад этих ионов в солевой состав составил 13.5 и 6.5%.

**Паводки** являются спецификой природных условий бассейна Амура, охватывают значительные пространства, имеют частую повторяемость. Очень сильные паводки при уровнях воды более 600 см, т.е. опасного явления (ОЯ), отмечались в 2019 и 2020 гг. (рис. 1).

В 2019 г. сильное наводнение формировалось в июле после выхода тайфуна DANAS. Повышению водности Амура способствовала р. Буряя, расходы которой составляли в среднем 2383 м<sup>3</sup>/с. В начале паводка ее влияние обусловило наименьшую за год минерализацию воды на середине (до 67.9 мг/л) и у левого берега Амура (41.4 мг/л) [5]. У правого берега ее значение, наоборот, выросло из-за влияния р. Сунгари (до 72,4 мг/л). Среднее значение составило 53.4 мг/л. Содержание  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  не превышало 4.7, 3.5 и 9.4 мг/л (соответственно).

В августе выходы тайфунов LEKIMA и KROSA наряду со сбросами воды из Бурейского водохранилища, в среднем составлявших 3281 м<sup>3</sup>/с, вызвали повышение водности Амура. На пике паводка в гидрохимической структуре реки произошли изменения, вызванные усилением влияния р. Сунгари, в результате чего минерализация воды на середине Амура стала выше, чем в паводки в 1998, 2002 и 2009 гг. [3]. В правобережной части реки она достигала 54.6 мг/л, левобережной – 48.5 мг/л, в среднем составляла 61.3 мг/л. Сравнение химического состава вод Амура на пике паводков в 2013 и 2019 гг. свидетельствовало о более высоком содержании  $\text{Na}^+$  (до 6.8 мг/л) и  $\text{Cl}^-$  (до 4.7 мг/л) в 2019 г.

Снижение уровня Амура было продолжительным (рис. 1) из-за выхода тайфуна LINGLING. Вынос солей с затопленных полей Китая обусловил максимальное за период открытого русла значение минерализации, которое изменялось от 75.7 до 115.3 мг/л, в среднем составило 92.9 мг/л. Содержание  $\text{Na}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  на середине реки достигало 9.7 и 11.2 мг/л, было максимальным за период открытого русла.

В 2020 г. появлению очень сильного наводнения на р. Амур предшествовал небольшой паводок и глубокая летняя межень (рис. 1). Паводок сформировался в конце июня в основном в южных районах Хабаровского края и ЕАО. С 3 по 8 июля пойма находилась под водой. На спаде паводка минерализация воды изменялась от 44.8 до 89.2 мг/л, в среднем составляла 67.1 мг/л. Воды Амура в это

время характеризовались более высокими, чем в паводки 2013 и 2019 гг., концентрациями  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  (7.1 и 12.4 мг/л соответственно).

Очень сильное наводнение стало формироваться в середине августа (рис. 1) в результате активных фронтальных разделов, вызвавших на реках Приамурья высокие паводки. Большое влияние на сток Амура, также как в 2019 г., оказала р. Буряя, расходы воды которой в среднем составляли 2455 м<sup>3</sup>/с (максимум достигал 5913 м<sup>3</sup>/с).

На р. Амур у Хабаровска в начале наводнения при уровне 450 см минерализация воды на середине и в левобережной части реки из-за влияния российских притоков, как и в 2019 г. уменьшилась, тогда как у правого берега оставалась без изменений. Поэтому различия в значениях минерализации между левобережной и правобережной частями реки отсутствовали, в то время как на середине из-за влияния р. Сунгари было высоким. Содержание  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  достигало наименьших (до 3.3 и 7.4 мг/л соответственно) за период открытого русла значений.

В сентябре бывший тайфун BAVI, а затем тайфуны MAYSAK и HAISHEN вызвали затопление поймы Амура на глубину до 3.3 м. Расходы воды рр. Зея и Буряя ниже ГЭС в отличие от 2019 г. большого влияния на водность Амура не оказали. При уровне воды 540 см минерализация воды по всей ширине Амура кроме середины, продолжала снижаться (рис. 2). В левобережной части реки отмечалось низкое содержание  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  (до 2.1, 1.4 и 4.0 мг/л), на середине содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  достигало 11.7 мг/л, было выше, чем в 2013 и 2019 годах.

Снижение уровня Амура было более длительным (рис. 1), чем в паводок 2019 г. из-за выхода западного циклона на Приамурье. Минерализация воды из-за выноса солей с затопленных полей КНР, достигала на середине реки максимальных за период открытого русла значений (до 127.8 мг/л), в среднем составляла 96.4 мг/л. Выше это значение было в октябре и по сравнению с паводками в 2013 и 2019 гг. Такой сток солей свидетельствует об усилении хозяйственной деятельности в китайской части бассейна.

**Заключение.** Минерализация воды р. Амур у г. Хабаровск в пространственно-временном отношении изменяется в широких пределах из-за больших различий в химическом составе вод его притоков. Максимальное значение минерализации и концентрации  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  из-за влияния р. Сунгари отмечаются в основном на середине Амура зимой и спаде паводков, когда с затопленных полей Китая поступает большое количество солей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Реки России. Часть IV. Реки Дальнего Востока (гидрохимия и гидроэкология). Ростов-на-Дону: Из-во НОК, 2011. 324 с.
2. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Максимальный ионный сток Среднего Амура. // В сб.: Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. – Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 105–115.
3. Шестеркин В.П. Изменение химического состава вод Амура в период исторического наводнения в 2013 году // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 3. С. 287–296.
4. Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П. Многолетняя динамика ионного стока р. Амур в зимнюю межень у г. Хабаровска и тенденции его изменения // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 225–231.
5. Шестеркин В.П. Влияние разрушения дамбы хвостохранилища в бассейне реки Сунгари (КНР) на качество вод Амура у Хабаровска в апреле 2020 года // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2021. № 2, С. 67–74.

**МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ТИПЫ РУСЛА РЕКИ ОНОН****Зима Ю. В.***Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия***MORPHODYNAMIC TYPES OF THE ONON RIVERBED****Zima Yuriy V.***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

**Abstract.** Based on the morphological analysis of the Onon riverbed, a brief description of three sections of the river is given, each of which has its own characteristics of channel deformations. The morphodynamic types of the riverbed (the Russian part) are determined, taking into account the geological and geomorphological structure of river valleys and sediment transport.

Основными природными факторами, определяющими современную динамику русловых процессов рек, являются геологическое и геоморфологическое строение территории, климатические условия формирования стока, развитие процессов денудации, почвенно-растительный покров [1]. Многолетние изменения климата приводят к преобразованию природных процессов, создают условия для катастрофических явлений с увеличением их частоты и интенсивности, осложняют условия жизни и хозяйственной деятельности населения [2].

Русловые процессы р. Онон изучены слабо. Река характеризуется многообразием русловых процессов и активной динамикой русловых деформаций. В работе определены основные морфодинамические типы русла. В основу типизации русла р. Онон положена морфодинамическая классификация МГУ и классификация ГГИ.

Река Онон является трансграничной рекой, берет начало с территории Монголии. На 298 км река вступает на территорию РФ и протекает по Забайкальскому краю, сливаясь с р. Ингодой, образуют р. Шилку.

По результатам анализа космоснимков (Google Earth) и экспедиционным исследованиям русло разделяется на три крупных морфологически однородных участка, каждому из которых присущи свои типы русловых деформаций

Отличительной особенностью р. Онон практически на всём ее протяжении, являются чередования различных условий формирования развития русловых деформаций (смена широкопойменных, врезанных и адаптированных русел).

На реке выделяются верхний участок длиной около 450 км от госграницы до впадения р. Борзя, где река по характеру близка к равнинным рекам, средний участок (150 км) от устья р. Борзя до устья р. Унда, где река имеет характер полугорной реки и нижний участок длиной около 100 км, где река имеет характер горной реки.

На участке верхнего течения, русло реки имеет широкопойменное русло, сопровождается многорукавностью в условиях свободного развития русловых деформаций. Отличительными чертами участка являются: небольшой уклон водной поверхности (в среднем 0,5 ‰); большие колебания ширины поймы (2,0–7,0 км); низкие пойменные берега (высота преимущественно 0,3–1,5 м); существенная изменчивость ширины русла (от 70 до 150 м). Преимущественно песчаный состав руслоформирующих наносов и податливость размыву берегов обуславливают активное развитие горизонтальных русловых деформаций. На

этом участке наблюдается три типа русловых процессов – свободное меандрирование, незавершенное меандрирование и пойменная многорукавность (рис. 1). Русло реки состоит из множества протоков, находящихся в состоянии развития и обуславливая динамику пойменной многорукавности. Деформации русла происходят в условиях легко размываемых грунтов и длительного затопления поймы в паводки, что является причиной активных плановых перестроений речного русла.



*Рис. 1. Река Онон (верхний участок)*

Излучины русла реки сегментные крутые, омегаовидные. Разветвленные на рукава русла возникают в результате образования осередков, их превращения в острова, объединения островов и разделения потока по рукавам, что влечет за собой изменения транспортирующей способности потока [3]. Образовавшиеся острова имеют большие площади, они заросли кустарниковой растительностью и небольшими деревьями (о. Чёрный Угор, о. Култук, о. Лукуцак и о. Левушкина и т.д.). Дно русла на участке сложено песчаными и песчано-гравелистыми отложениями, местами с галечным компонентом.

В районе с. Нижний Цасучей река разделяется на два больших рукава. Каждый рукав имеет своё название – Старый Онон и Новый Онон, которые образуют большой остров Харганай. Величина стока по рукавам практически одинакова, в отдельных случаях при паводках распределение идет в ту или другую сторону. Все зависит от замывания берега в начале острова. Русло реки ха-

рактируется меньшими показателями устойчивости, это связано с изменениями глубин на перекатах, определяемых их сезонными деформациями [3].

Средний участок реки от устья р. Борзя до устья р. Унда, правого притока р. Онон. Русло адаптированное, имеет относительно небольшую извилистость и располагается в узкой долине (рис. 2). Река в отличие от вышерасположенного участка характеризуется значительными уклонами водной поверхности (1,2 ‰ и более). Для данного участка характерно преобладание незавершенного меандрирования, ограниченного в местах сужения поймы склонами долины.



Рис. 2. Река Онон (средний участок)

Важной гидроморфологической особенностью водного потока является устойчивая выдержанность по длине реки основных гидрометрических характеристик реки. Средняя ширина поймы составляет 1,5–2 км, русла – около 100 м.

Нижний участок, расположенный ниже устья р. Унда до слияния р. Ингода, характеризуется наибольшими уклонами водной поверхности (до 6,0 ‰). В его пределах практически полностью отсутствует пойма, ширина потока составляет от 150 до 200 м. На данном участке р. Онон протекает в узкой прямолинейной долине (рис. 3). Речное русло врезанное, соответствующее ограниченному развитию русловых деформаций, сложено трудноразмываемыми горными породами.

Основной тип деформаций на этом участке – ограниченное меандрирование и русловая многорукавность. Извилистость реки на этом участке определяется главным образом орографическими особенностями рельефа.

Отдельные переформирования русла в виде намыва и размыва островов (русловая многорукавность) наблюдаются в местах незначительного расширения долины, преимущественно в районе устьев впадающих притоков, которые обеспечивают поступление наносов в главный поток.

Таким образом, опираясь на существующие классификацию ГГИ, учитывающую транспортирующую способность потока, и морфодинамическую классификацию МГУ, в которой развитие русловых деформаций определяется геолого-геоморфологическим строением долин рек, был проведен анализ морфологии русла реки Онон на протяжении 700 км.

На основе анализа космоснимков (Google Earth) и экспедиционных исследований в пределах исследуемой части реки Онон выделено три крупных морфологически однородных участка, каждому из которых присущи свои типы

русловых деформаций. На верхнем участке русло реки широкопойменное, соответствующее свободному развитию русловых деформаций. На среднем участке русло реки адаптированное, для которого характерно преобладание незавершенного меандрирования. На нижнем участке речное русло врезанное, соответствующее ограниченному развитию русловых деформаций, сложенное трудно-размываемыми горными породами.



Рис. 3. Река Онон (нижний участок)

Активное проявление русловых процессов р. Онон создает условия для усиленного размыва берегов. Интенсивно этот процесс происходит в верхнем течении реки. Для этого района характерны потенциально опасные тенденции в развитии русел, обусловленные природными факторами [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зима Ю.В. Современные руслоформирующие процессы реки Аргунь // География и природные ресурсы. 2009. № 1. С. 162–164.
2. Махинов А.Н., Ким В.И. Влияние изменений климата на гидрологический режим реки Амур // Тихоокеанская география. 2020. № 1. С. 30–39.
3. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т.1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
4. Веселков Г.О. Современные деструктивные русловые процессы р. Онон // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Том 26. № 9. С. 6–12.

***Секция 3. Разнообразие и проблемы  
устойчивости ландшафтов***

***Session 3. Diversity and sustainability issues  
for landscapes***

---

---

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Абрамов Б.Н., Цыренов Т.Г.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия*

## ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF TECHNOGENIC FORMATIONS OF LEAD-ZINC DEPOSITS OF EASTERN TRANSBAIKALIA

Abramov B.N., Tsyrenov T.G.

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

**Abstract.** Comparative analysis of concentrations of toxic elements in technozems of tailing pits of lead-zinc deposits has revealed significant differences in concentrations of toxic elements. It is established that the highest concentrations of toxic elements of the first class of danger (As, Pb, Zn, Cd) are characterized by technozems of Blagodatsky deposit, and the lowest – of Khapcheranginsky deposit. According to the method of Goleva R.V. et al, «potential toxicity» (G<sub>Er</sub>) of tailings of lead-zinc deposits has been calculated. It was revealed that Blagodatsky lead-zinc deposit tailings dump (G<sub>Er</sub> = 74441) represents the greatest ecological hazard, the tailings of Khapcheranginsky (G<sub>Er</sub> = 4724) and Novo-Shirokinsky (G<sub>Er</sub> = 5607) deposits are much less dangerous.

### Введение

Объектом исследования являются лежалые хвосты горно-обогатительных комбинатов (ГОК), образованные при эксплуатации свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. Целью исследования является эколого-геохимическая оценка потенциальной опасности техногенных образований, возникших при отработке свинцово-цинковых месторождений в Забайкальском крае.

### Методика исследований

Фактический материал получен при проведении исследований по базовым проектам Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН с 2000 года по 2019 год. Кроме этого, использованы опубликованные данные и материалы территориальных геологических фондов (г. Чита). Аналитические исследования проведены в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ). Определение элементного состава пород проводилось РФА методом на спектрометре ЭДПС-1 (аналитик Жалсараев Б.Ж.).

### Краткая характеристика природно-техногенных образований свинцово-цинковых месторождений

Хвостохранилища свинцово-цинковых месторождений располагаются в непосредственной близости от рудничных поселков и занимают разные площади и объемы. Близость их от населенных пунктов оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Проблема загрязнения окружающей среды является очень актуальной. Особую опасность представляют токсичные элементы сульфидов. Выделяют следующие стадии трансформации сульфидов в зоне окисления: сульфиды – сульфаты – карбонаты окислы). Минералы сульфатной стадии обладают наибольшей растворимостью и представляют наибольшую опасность для окружающей среды.

Снижение концентраций элементов сульфидов в зонах окисления имеют продолжительный временной период: для Zn – от 70 до 510 лет, для Pb – от 740 до 5900, для Cd – от 13 до 110, для Cu – от 310 до 1500 лет [4].

#### Оценка экологической опасности хвостохранилищ на окружающую среду

Установлено, что среди различных типов месторождений Восточного Забайкалья свинцово-цинковые месторождения оказывают наиболее негативное влияние на экологическую обстановку [1].

Для оценки «потенциальной токсичности рудных месторождений» в России (ГЭр) использовалась формула, предложенная в работе [3]:

$$\text{ГЭр} = \sum_{i=1, n} \text{Тл}(i) * \text{В}(i),$$

где Тл(i) – коэффициент литотоксичности элемента (табл. 1); В(i)=X(i)/Q(i), где X(i) – концентрации и Q(i) – кларк земной коры по Виноградову [4] элемента i, n – количество рассматриваемых элементов.

Расчеты показывают, что среди хвостохранилищ свинцово-цинковых месторождений наибольшей потенциальной опасностью характеризуются техноземы Благодатского месторождения (табл. 1).

Таблица 1. Средние содержания элементов в техноземах свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья, г/т

Элемент	As	Pb	Zn	Cd	Cu	Sn	Mo	Sb
Кларк [2]	1,7	16	83	0,13	47	2,5	1,1	0,5
Тл [3]	10	10	5	15	5	5	5	10
<b>Полиметаллические месторождения</b>								
Акатуевское (n = 26) ГЭр = 61803								
x	8759	3491	9311	56	241	6,9	3,3	51
s	4770	1881	6552	35	144	5	2	27
Благодатское (n = 27) ГЭр = 74441								
x	9078	7419	17008	76	174	85	1,1	322
s	5046	2739	8706	37	66	37	0,4	108
Ново-Широкинское (n = 9) ГЭр = 5607								
x	398	1045	1193	4,8	107	2,3	2,3	96
s	376	500	583	1,5	41	1,6	0,5	8,5
Кличкинское (n = 22) ГЭр = 7278								
x	676	578	3227	19	-	40	4	21
s	322	227	1313	8	-	15	2	7
<b>Оловополиметаллические месторождения</b>								
Шерловогорское (n = 9) ГЭр = 7956								
x	498	1562	1703	14	187	595	-	55
s	245	1513	1206	14	77	459	-	20
Хапчерангинское (n = 17) ГЭр = 4724								
x	389	1215	3211	5	145	418	-	10
s	235	1283	3346	5	133	321	-	5

Примечание: x – среднее арифметическое, s – стандартное отклонение, n – число анализов. – – нет данных. x – средние содержания элементов в хвостохранилищах, s – стандартное отклонение; ГЭр – «потенциальная токсичность» месторождений. Тл – коэффициент литотоксичности [3].

### Обсуждение результатов исследования

Наиболее высокими концентрациями токсичных элементов, среди хвостохранилищ свинцово-цинковых месторождений, характеризуется хвостохранилище Благодатского месторождения. Здесь среднее содержание Pb составляет 0,595 %, Zn – 1,868 %. Расчет «потенциальной токсичности рудных месторождений» ГЭр по Р.В.Голевой и др. [3] показал для этого месторождения самые высокие показатели – 74441. Наиболее низкие показатели ГЭр=4724, среди свинцово-цинковых месторождений, выявлены для Хапчерагинского месторождения. Эти показатели отражают особенности состава содержания токсичных элементов в рудах рассматриваемых месторождений являются следствием концентраций токсичных химических элементов в рудах.

Для улучшения экологического состояния окружающей среды применяются методы экологического восстановления, фиторемедиации. Эти же методы применимы для уменьшения концентраций токсичных элементов в хвостохранилищах свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья. Для улучшения экологии окружающей среды необходимо проведение следующих мероприятий: внесение в зараженные грунты биопрепаратов, структурообразователей, цеолитов.

### Выводы

В Восточном Забайкалье в настоящее время разрабатывается только Ново-Широкинское месторождение, в остальных свинцово-цинковых месторождениях отработка прекращена. По методике Голевой Р.В. и др. [3] рассчитана «потенциальная токсичность» (ГЭр) хвостохранилищ свинцово-цинковых месторождений. Выявлено, что наибольшую экологическую опасность представляет хвостохранилище Благодатского свинцово-цинкового месторождения (ГЭр=74441). Меньшую опасность представляют хвостохранилища Хапчерагинского (ГЭр = 4724) и Ново-Широкинского (ГЭр=5607) месторождений, что объясняется малыми содержаниями токсичных элементов в рудах.

*Исследование финансировалось Российской академией наук в соответствии с научным проектом № FUFRR-2021-0006.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов Б.Н., Цыренов Т.Г.* Оценка экологической опасности на окружающую среду хвостохранилищ некоторых сульфидных месторождений Восточного Забайкалья // *Успехи современного естествознания.* 2019. № 5. С. 35–41.
2. *Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г.* Краткий справочник по геохимии. Москва: «Недра», 1977. 184 с.
3. *Голева Р.В., Иванов В.В., Куприянова И.И., Маринов Б.Н., Новикова М.И., Шпанов Е.П., Шурига Т.Н.* Экологическая оценка потенциальной токсичности рудных месторождений (методические рекомендации) // Москва: «РИЦВИМС», 2001. 53 с.
4. *Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В.* Химическое загрязнение почв и их охрана: словарь-справ. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.

**ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ:  
СОСТОЯНИЕ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ, СОВРЕМЕННЫЕ  
И РЕЛИКТОВЫЕ КРИОГЕННЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА**

**Брагин А.Н.**

*Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия,  
Andrei\_bragin@mail2000.ru*

**PERMAFROST OF THE LOWER AMUR REGION: STATE, DISTRIBUTION, MODERN AND RELICT CRYOGENIC LANDFORMS**

**Bragin A. N.**

*Pacific State University, Khabarovsk, Russia,  
Andrei\_bragin@mail2000.ru*

**Abstract.** The article presents current integrated information on the distribution of permafrost and seasonal permafrost in the Lower Amur region. A map-scheme of geocryological conditions with the types and areas of MMP distribution, taking into account geological and geomorphological conditions and climatic features, has been compiled. And also updated information about modern and relict cryogenic relief forms that have become widespread and developed in the Lower Amur region at the present time.

Важным условием и одновременно проблемой освоения новых территорий юга Дальнего Востока являются ее природно-климатические условия, которые оказывают доминирующее влияние на комфортность жизнедеятельности, освоение природных ресурсов и создание всей необходимой инфраструктуры.

Особенности климатических условий Хабаровского края и ЕАО достаточно полно изучены Е.С. Петровым, П.В. Новороцким и В.Т. Леншиным [1], которые делают вывод о наличии «муссонной тенденции» всей территории региона, а для Нижнего Приамурья выделяют пониженный радиационный баланс, низкую величину суммарного испарения, высокий индекс сухости и морозность погоды. Обозначенные факторы в конечном итоге создают благоприятные условия для формирования и сохранения вечной мерзлоты, а также при современных процессах деградации и трансформации многолетнемерзлых грунтов способствуют проявлению криолитогенеза за пределами южной границы ММГ и сохранению, как современных криогенных форм рельефа, так и следов палеокриогенных форм позднеплейстоценового раннеголоценового возраста.

На протяжении последних 50–70 лет были созданы версии отечественных мелкомасштабных геокриологических карт на территорию СССР, современной России [2] масштаба 1: 2 500 000, а также варианты более крупномасштабных схем юга Дальнего Востока [3], где вечная мерзлота представлена участками прерывистого, массивно-островного, островного и редко-островного распространения ММГ. Современные границы многолетнемерзлых пород для территории Северного полушария [4], составленные зарубежными исследователями с помощью «модели состояния равновесия температуры верхней части вечной мерзлоты» (модель ТТОР), использовавшими дистанционное зондирование, показывают в пределах Нижнего Приамурья участка спорадического и изолированного распространения вечной мерзлоты.

В настоящее время геокриологические условия Нижнего Приамурья, состав, состояние, особенность распространения и динамика криолитозоны терри-

тории, а также ее трансформация при тенденции «глобального потепления» изучены достаточно слабо, а отдельные материалы по криогенным условиям и процессам в бассейне рек Нижнего Амура, Удиль-Кизинской, Чля-Орельской, Амгунь-Амурской и Эворон-Чукчагирской низменностях, а также в среднегорьях и низкогорьях Омальского, Омельдинского хребтов, хр. Чаятын и др., можно встретить в составе работ по геологическому доизучению площадей ГДП-200 комплекта Госгеолкарты-200/2.

При создании карты-схемы геокриологических условий Нижнего Приамурья (рис. 1) предпринята попытка интегрировать имеющиеся сведения о распространении площадей вечной и сезонной мерзлоты на изучаемой территории, современных и реликтовых форм криогенного рельефа, а также криогенных процессах, проявляющихся как в пределах, так и за пределами распространения ММГ.

В основу картирования площадей ММГ взяты выявленные И.В. Поздняковым [5], закономерности распространения многолетнемерзлых пород в Северном Приамурье, где в качестве криоиндикатора применяются геолого-геоморфологические условия района с учетом климатических особенностей. Условно можно разделить основные типы и закономерности распространения мерзлоты по морфоструктурным и морфоскульптурным геоморфологическим условиям. Данное разделение включает в себя закономерности распространения сплошности мерзлоты с увеличением абсолютных высот для среднегорий и низкогорий, а также зависимость типа мерзлоты от грунтово-геологических условий низменностей и речных долин.

Сплошной тип ММП для Нижнего Приамурья так же, как и для Северного Сихотэ-Алиня, характерен для высот более 1500 м, который распространен на хребтах Мяо-чан и Омельдинском.

Массивный тип ММП с площадью 25–50% распространен на привершинных частях средне- и низкогорья Нижнего Амура, а также восточных отрогов Буреинского хребта, хребтов Эзоп, Меванджа, Дуссе-Алинь и др. Температуры грунтов по классификации ММП С.М. Фотиева [5] для данных вершин варьирует в пределах  $-1^{\circ}$ ;  $-1,5^{\circ}$ .

Островной тип многолетнемерзлых пород имеет достаточно широкое распространение и занимает как привершинные части горных склонов северной экспозиции, так и, пологие придолинные склоны высотой более 800 м, что характерно для окрестностей хр. Мяо-чан [5], а также для хребтов Омельдинского, Омальского, Кивун и др. с поправкой на слабо выраженную субширотную зональность. Для низменностей – Эворон-Чукчагирской, долин рр. Тугур, Муникан, Сыран, Усалгин и др. ввиду заболоченности и распространения торфяного слоя, на данных ключевых участках распространен островной тип вечной мерзлоты.

Редкоостровной тип имеет доминирующее распространение в пределах низкогорных участков, низменностей, а также широких речных долин Нижнего Приамурья.

Сезонно-мерзлые породы получили распространение повсеместно над слоем вечной мерзлоты – деятельный слой, а также основной контур их прослеживается вдоль р. Амур, затрагивая практически всю его широкую долину, правобережье и Северный Сихотэ-Алинь, за исключением участков с абсолютными высотками более 1500 м.

Однако наиболее актуальные геокриологические условия Нижнего Приамурья связаны с широким распространением криогенных процессов и явлений территории.

Среди основных криогенных процессов [6] можно встретить полигонально-валиковый рельеф Эворон-Чукчагирской низменности, который свидетельствует о существовании повторно-жильных льдов на данной территории под марью первой надпойменной террасы р. Амгунь, а по дешифрированию космоснимков ESRI ArcGIS.Imagery [7], похожие участки выделены в межозерном понижении Эворон и Чукчагирское, площадью до 500 км<sup>2</sup>, в междуречье Амгуни и Нимелена, площадью от 34 км<sup>2</sup>, в районе междуречья рек Амгуни и Керби и Тугур – Эльга, до 252 км<sup>2</sup> под марью междуречья рр. Нимелена, Упанги и Керби, левобережье Нижнего Амура (в районе Удыль-Кизинской низменности) – 150 км<sup>2</sup> и в долинах других рек бассейна Охотского моря. Наряду с полигональным криорельефом территории и следами морозобойного растрескивания, отчетливо дешифрируется большое количество термокарстовых озер как на участках распространения полигонально-валикового рельефа, так и в других местах проявления криогенных форм долин рек и морских террас Охотского моря и Татарского пролива [8, 9].

Другими формами криорельефа Нижнего Приамурья, связанными с процессами мерзлотного пучения, являются многолетне- и сезонномерзлые бугры пучения и перелетки [9]. Большое число бугров пучения, интерпретированные Ю.К. Васильчуком [8] как бугры пучения миграционного типа, представленные мелко- и крупнобугристыми торфяниками и болотами первых надпойменных террас. Как правило, миграционные бугры пучения имеют небольшие по площади ареалы криорельефа от нескольких десятков метров в поперечнике до 750 м в длину, характеризуются высокой льдистостью, мощностью мерзлотной толщи до 1,2–1,8 м. Высота составляет от 0,7 до 3,5 м. А.Н. Махинов [10] обнаружил небольшие по размеру бугры пучения к западу от горы Шаман в южном низкогорном обрамлении Удыль-Кизинской низменности на правобережье Амура.

Следы реликтовых криогенных форм рельефа обнаружены на Охотском побережье вблизи Николаевска-на-Амуре. Здесь встречены нагорные террасы, а также тумпы (скальные останцы на плоских вершинах гор) с выровненными площадками у их подножий на вершинах гор высотой 750–800 м. Ширина тумпа составляет около 100 м., а нагорных террас – 10–15 м при высоте уступов над ними до 7 м [10]. Учитывая современную нижнюю границу распространения вечной мерзлоты в горах в 1500 м, а также палеоклиматические условия плейстоцена, можно с большой вероятностью сделать вывод о наличии в горных системах Нижнего Приамурья вышеназванных реликтовых мерзлотных форм рельефа.

Кроме этого, выделяются другие мерзлотные процессы и мерзлотные формы рельефа – криогенное выветривание, морозная сортировка, солифлюкция, каменные кольца, мерзлотные рвы, каменные полосы, разрывы дернины, также мерзлотно-солифлюкционные микротерраски шириной 1–2 м и протяженностью вдоль склона 6–10 м [10].

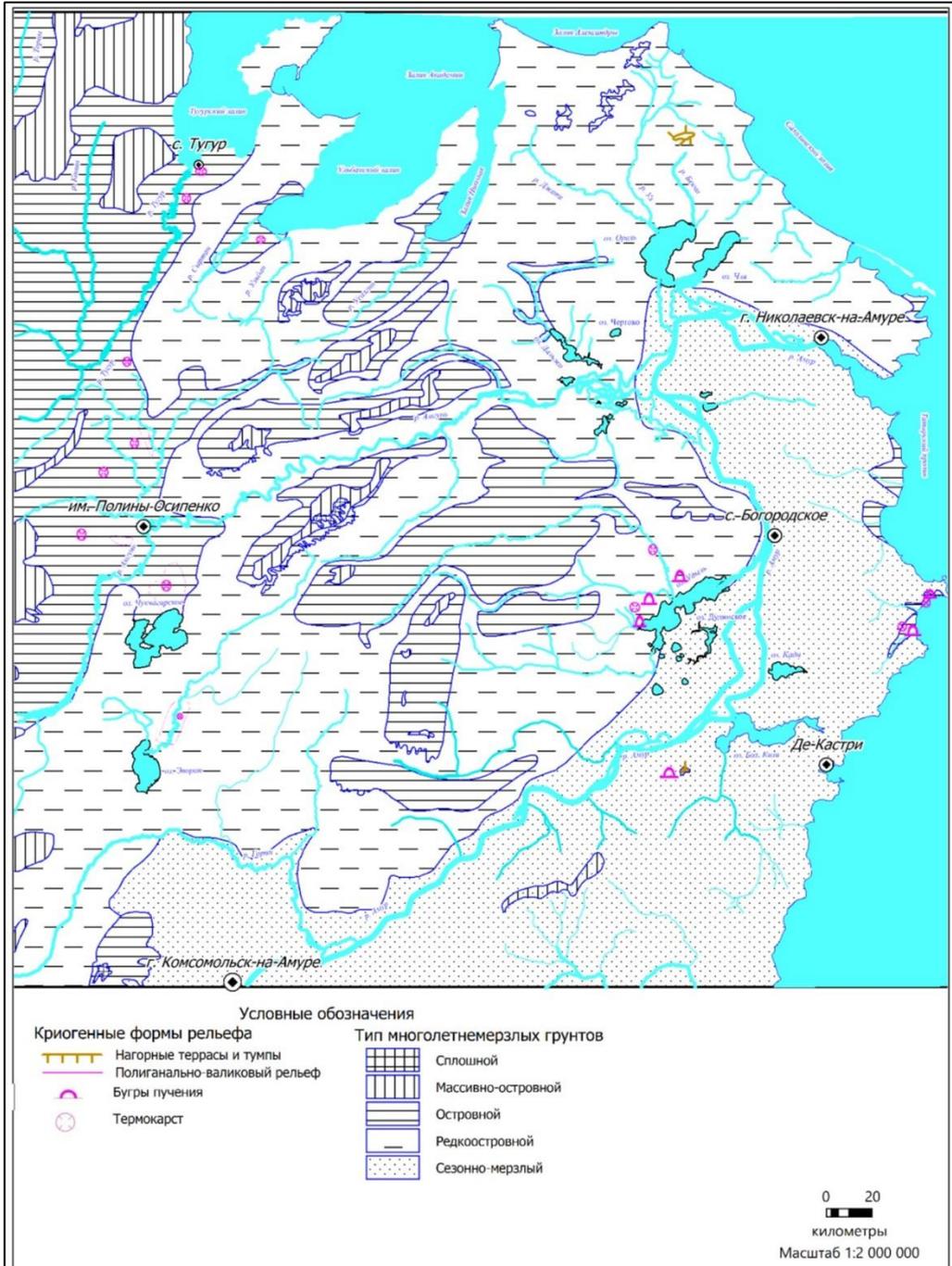


Рис. 1. Карта-схема геокриологических условий Нижнего Приамурья

Ввиду слабой геокриологической изученности территории Нижнего Приамурья, в процессе дальнейшего освоения возможно обнаружение других криогенных форм рельефа, следов палеокриогенных форм, типов вечной мерзлоты с учетом ее деградации, которые актуализируют геокриологические условия региона, позволят выявить закономерности распространения ММП, также внесут новые данные для реконструкции палеогеографических событий территории Нижнего Приамурья.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров Е.С., Новороцкий П.В., Ленишин В.Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток–Хабаровск: Дальнаука, 2000. 174 с.
2. Кондратьева К.А., Романовский В.Е., Гаврилов А.В., Дунаева Е.Н., Замолатчикова С.А., Труш Н.И., Лисицына О.М., Трофимов В.Т. Геокриологическая карта СССР (1996).
3. Схематическая геокриологическая карта // Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / Под ред. Э.Д. Ершова, М: Недра, 1989. 516 с.
4. Obu; J.; Westermann; S.; Bartsch; A.; Berdnikov; N.; Christiansen; H.H.; Dashtseren; A.; Delaloye; R.; Elberling; B.; Etzelmüller; B.; Kholodov, A. et al. Northern Hemisphere Permafrost Map Based on TTOP Modelling for 2000–2016 at 1 km<sup>2</sup> Scale. Earth-Sci. Rev. 2019.
5. Поздняков И.В. Мерзлые породы Северного Приамурья. Якутск: ИМЗ СО РАН, 1996. 175 с.
6. Кленов, В.И. О полигонально-валиковом микрорельефе на территории Эворон-Чукчагирской депрессии // Многолетнемерзлые горные породы различных районов СССР, Москва, 1967.
7. Космический снимок ESRI ArcGIS.Imagery. [Электронный ресурс]. – <http://server.arcgisonline.com>
8. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н., Станиловская Ю.В. Миграционные бугры пучения в криолитозоне Восточной Сибири и Дальнего Востока // Инженерная геология. 2014. № 1. С. 40–64.
9. Брагин А.Н. Остатки реликтовой мерзлоты на побережье Татарского пролива // География и Природные ресурсы. 2021. № 1. С. 134–140.
10. Махинов А.Н. Современный и реликтовый мерзлотный рельеф гор Нижнего Приамурья // Материалы 8-го Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований». Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2013. С. 438–440.

## ЭКОЛОГО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЭКОСИСТЕМАХ СЕВЕРНОГО ПРИАМУРЬЯ

**Воронов Б.А.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия  
iver@iver.as.khb.ru*

## ECOLOGICAL AND FUNCTIONAL TRANSFORMATIONS IN THE ECOSYSTEMS OF THE NORTHERN AMUR REGION

**Voronov B.A.**

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia,*

**Abstract.** In the article, against the background of the natural features of the region and the nature of its economic development, the ecological and functional changes that have taken place in the natural ecosystems of the Northern Amur Region over the past decades are shown.

Естественно-эволюционные процессы в природной среде в разной степени изменяют природные комплексы как внешне, так и функционально, но, как правило, всегда за довольно продолжительный отрезок времени. Исключение представляют революционные локальные или широкомасштабные преобразования природных комплексов в результате воздействий катастрофических явлений земного или космогенного происхождения, таких как сильные землетрясения, извержения вулканов, крупные оползни и сели, цунами, высокие паводки, природные пожары, падение крупных метеоритов и некоторые другие. Более того, можно выделить районы, где подобные явления проявляются реже или чаще, либо имеют некую периодичность. В последнем случае, ряд природных комплексов может приобретать адаптивные черты, позволяющие им существовать в условиях периодического возникновения неблагоприятных для других явлений, например, пойменные природные комплексы, экосистемы которых достаточно хорошо приспособились к периодическому воздействию паводков, формируются и поддерживают стабильное состояние именно в таких условиях. В то время как для иных представителей, временно оказавшихся в пределах пойменных комплексов, паводки могут выполнять функцию катастрофического явления, представляющего угрозу их существованию. При этом упомянутые природные явления, оказывающие воздействие на природные комплексы и их отдельные составляющие и нередко приводящие к их существенным преобразованиям, могут иметь как естественный (природный), так и антропогенный (результат человеческой деятельности) генезис. Часто он может носить смешанный природно-антропогенный характер, когда человеческая деятельность может как провоцировать или способствовать развитию тех или иных, на наш взгляд, негативных природных явлений, так и снижать силу и масштабы их отрицательных воздействий, а иногда и полностью их исключать. Хорошим примером подобных случаев являются характерные для Дальнего Востока России лесные пожары, которые в естественных условиях провоцируются длительными летними засушливыми периодами [1] и так называемыми сухими грозами, и которые в прошлом регулярно раз в 200–400 лет охватывали в регионе в сумме значительные пространства спелых и перестойных лесов, выполняя функцию жёсткого омоложения и пирогенной смены лесных экосистем [2]. При том, что многократно большие площади лесных насаждений оставались нетронутыми

пожарами. В связи с активным освоением региона число пожаров и их масштабы существенно возросли. В результате экологически неадаптированного природопользования, лесопользования, а в ряде случаев и прямых поджогов в лесах и на лугах горимость лесов на Дальнем Востоке России выросла многократно и на начало 90-х годов прошлого века в среднем уже составляла: повышенная – раз в 10–15 лет [3], катастрофическая – раз в 22–23 года [4]. При этом в среднем за год выгорало до 70 млн. куб. м. древесины [3]. Подобная пирогенная обстановка сохраняется в регионе до сего времени, а к естественным природным предпосылкам возникновения пожаров (засушливые периоды и сухие грозы) добавляются неочищенные или недостаточно очищенные от порубочных остатков лесные вырубki, не защищённые или плохо защищённые от искр выхлопы в атмосферу двигателей внутреннего сгорания, прямые поджёги леса человеком с целью льготного получения лесных участков под вырубку, общая низкая культура лесопользования и поведения людей в лесу, недостаточный уровень технического оснащения профилактической и действительной практической работы по борьбе с пожарами, их обнаружению и тушению, недостаточный объём и остаточный принцип их финансирования. В результате суммарного воздействия природных и антропогенных факторов пожары на востоке страны становятся одним из главных и масштабных факторов, негативно воздействующих как на природные экосистемы и их компоненты, так и экономику региона, и здоровье его населения. Пожары, как правило, нарушают функциональные свойства природных экосистем и их компонентов (почв, растительности, животного мира, водорегулирующих и общих экологостабилизирующих функций, хранителей зонального биологического разнообразия, стаций кормовых, укрытий и размножения, коммуникационных (миграционных) свойств территории и других).

Во многом по схожему с катастрофическими пожарами принципу формируются и катастрофические наводнения, как правило, с определенной периодичностью, обусловленной естественными природными причинами (прежде всего, периодами повышенного выпадения атмосферных осадков одновременно на значительных пространствах в бассейнах крупных рек) при участии антропогенных факторов, в том числе обезлесивании значительных пространств под воздействием широкомасштабных рубок леса и следующих за ними пожаров, повышенных объёмов сброса воды из водохранилищ ГЭС и иных гидротехнических сооружений в период прохождения паводка, строительства и функционирования действующих линейных сооружений и т.п. [5]. Однако, в отличие от пожаров, причинами возникновения которых в 90–93% случаев является человеческий фактор, к формированию катастрофических паводков "причастны" прежде всего природные условия и лишь во вторую очередь человек.

Значительная часть из упомянутых здесь катастрофических явлений, оказывающих существенное воздействие как на человека, так и на природные и природно-хозяйственные комплексы, приводящих чаще всего к негативным эколого-функциональным преобразованиям в природных экосистемах, свойственна и для Приамурья, в том числе его северной части, полностью расположенной в пределах российской территории бассейна р. Амур.

Северное Приамурье – это обширная территория площадью более 1 млн. км<sup>2</sup>, ограниченная с юга реками Амур, Аргунь и притоками рек Шилка и Аргунь, на западе и северо-западе – хребтами Яблоновый и Олёкминский Становик, на севере – Становым хребтом и на востоке – Охотским побережьем. Территория обладает высоким природно-ландшафтным разнообразием – от

даурских степей на западе до темнохвойной тайги на востоке, от гольцов, высокогорных тундр и заболоченных редкостойных лиственничников на севере до богатейших по биологическому разнообразию кедрово-широколиственных лесов и пойменных комплексов на юге.

Лесистость лесной зоны региона в середине прошлого века достигала 80–90%, в том числе и там, где уже велись лесозаготовки (бассейны рек Амгунь, Горин, Кур, Урми, Буряя, Зея и др.). Средняя озёрность Верхнезейской равнины составляла 2%, а в отдельных её частях (бассейн р. Уркан) доходила до 8–10%. Вся без исключения северная часть бассейна р. Амур была нерестовой по лососю, а самая крупная осенняя кета встречалась на нерестилищах Верхнего Амура в бассейне р. Шилка. В Амуре и его северных притоках насчитывалось несколько относительно самостоятельных популяций калуги – верхнеамурская, среднеамурская, нижнеамурская, бурейская, нижнезейская и верхнезейская. При этом самые крупные экземпляры калуги (весом более 1500 кг) встречались на Среднем и Нижнем Амуре. Общее разнообразие рыб в Амуре исчислялось 108–111 видами. Население наземных позвоночных животных (амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие) – насчитывает более 500 видов и состоит из представителей шести фаун – маньчжурской с индомалайскими элементами, восточносибирской, охотскокамчатской, даурской, открытых ценозов Приамурья и высокогорий Дальнего Востока. Причём некоторые из видов уже были крайне редки или находились на грани исчезновения в Северном Приамурье (дальневосточная жерлянка, амурский полоз, красноногий ибис, хохлатая пеганка, амурский горал и др.).

Растительное биологическое разнообразие было также достаточно представительным и насчитывало около 2300 видов сосудистых растений аборигенной флоры (в том числе и такие редкие виды как женьшень настоящий, гастродия высокая и др.) и более 400 видов адвентивной флоры. Наиболее интересные растительные сообщества были присущи южной части Северного Приамурья, а также хвойно-широколиственным лесам бассейна р. Горин и в целом Амгунь-Амурскому междуречью.

Существовавший уровень хозяйственной нагрузки на р. Амур и его северные притоки, а также их естественная водоочищающая способность, справлявшаяся с данной нагрузкой, позволяли использовать воду большинства водотоков на хозяйственно-бытовые цели без дополнительной водоподготовки, за исключением городского питьевого водообеспечения. Качество воды в них соответствовало рыбохозяйственным и питьевым нормативам.

За прошедшие с середины прошлого века несколько десятилетий природно-хозяйственная обстановка в Северном Приамурье существенно изменилась. Даже в традиционно лесных районах в результате лесных рубок и пожаров лесистость сократилась до 60–70%, а в ряде районов (Комсомольский-на-Амуре, Солнечный и др.) в 70–80-е годы она падала до 40% и менее. Были вырублены высокополнотные сосняки на Верхнем Амуре, кедровники на хребтах Малый Хинган, Вандан, Мяо-Чан, существенно сократили площади темнохвойные леса низовьев Амура и бассейна Амгуни. В результате заметно снизилась общая биопродуктивность лесных экосистем, из их состава выбыли наиболее консервативные и редкие виды растений (например, тот же женьшень настоящий), отступили на юг северные границы распространения кедрово-широколиственных лесов, при этом кедр корейский перестал естественно восстанавливаться на своих северных пределах. Перестали встречаться в Северном Приамурье и некоторые виды "лесных животных", в частности, амурский горал и красный волк.

Широкомасштабные лесные вырубки и пожары привели к усилению интенсивности поверхностного смыва в водоёмы и водотоки с территорий, пройденных рубками и пожарами. Это, в свою очередь, снизило качество вод и привело к развитию процессов заиливания нерестилищ лососёвых рыб, общему сокращению числа действующих нерестовых рек. Обезлесивание территории приводит к нарушению эволюционно сформировавшихся гидрорежима, химического состава и температурного режима в водоёмах и водотоках. В 1998 г. пожары и обезлесивание территории в нижнем течении р. Амгунь привели к повышению до 30–31°C температуры воды в реке, что обусловило почти полную гибель шедшего на нерест стада горбуши. Упомянутые факторы, а также браконьерство, перевылов и неупорядоченный пропуск на нерест в Амур стад лососей, привели к многократному сокращению нерестовой ёмкости и рыбопродуктивности Амурского бассейна, относительно сохранившего свою нерестовую значимость лишь в Нижнем Приамурье.

Создание в 1975–1977 гг. крупнейшего в Приамурье водохранилища Зейской ГЭС обусловило затопление самых высокопродуктивных пойменных биотопов Верхнезейской равнины и существенно сократило здесь численность водных, околотовных и таёжных птиц, а также крупных млекопитающих. Оно вобрало в себя тысячи мелких озёр на обширных заболоченных пространствах, выполнявших важную функцию формирования и сохранения биологического разнообразия, миграционных путей животных, а также водорегулирующую функцию, особенно в паводочные периоды (озёрные заболоченные пространства всегда на 2–4 дня задерживали формирование паводочной волны в реках равнины).

В условиях общего снижения доли крупнотравяных продуктивных лесов и лесистости в целом в Северном Приамурье снижается и водорегулирующая функция лесов как в части влияния на скорость формирования паводков, так и на их высоту, в частности, через разную степень реализации транспирирующих функций леса. В условиях начавшегося в середине прошлого века периода усиления загрязнения вод Амура промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными стоками происходит активизация процессов поверхностного смыва в водотоки и водоёмы с лесных вырубок и гарей. Уже в зимний период 1975 г. в подлёдных водах Амура был впервые зафиксирован «аптечный» или «фенольный» запах, интенсивность которого возростала вплоть до начала 2000 годов. В этот же период возростала масштабность рубок леса и пожаров, что приводило к дополнительным загрязнениям амурских вод. В результате функционирования ГЭС на китайской и российской территориях бассейна Амура и экологически неадаптированных попусков воды из водохранилищ некоторые частиковые рыбы в маловодные периоды не могут выйти на пойму для успешного нереста, в связи с чем запасы их сокращаются. Вместе с тем, в 50–70-е годы Амур пережил период интенсивного рыбного лова и браконьерства, что ещё более усугубило обстановку. Помимо сокращения нерестилищ лососёвых, резко снижается численность других ценных видов рыб. Практически исчезают верхнеамурская, среднеамурская, нижнезейская и, в связи с пуском Зейской ГЭС, верхнезейская популяция калуги. В то же время, за счёт заносных видов увеличивается общий видовой состав рыб – до 141. Усиление хозяйственного освоения юга Амурской области, Еврейской автономной области, Большого Уссурийского острова, Нижнего Приамурья, уже с середины прошлого столетия в Северном Приамурье не встречается хохлатая пеганка, с 1975 г. перестал гнездиться красноногий ибис.

Таким образом, за последние 50–70 лет природные экосистемы Северного Приамурья подверглись значительным изменениям под воздействием прямых и опосредованных антропогенных факторов, что, в свою очередь, существенно повлияло и на его эколого-функциональную значимость в обеспечении процессов устойчивого функционирования всей экосистемы бассейна р. Амур. Прежде всего это сказалось на множестве функций лесного комплекса – ландшафтообразующих, средоформирующих, водорегулирующих, продукционных, коммуникационных, ресурсных, формирования и сохранения биологического разнообразия, рекреационных и других. Сложившаяся экологическая обстановка в регионе, обусловленная экологической неадаптированностью процессов природопользования и их негативными последствиями для природной среды и человека, требует объективного анализа и выработки на его основе комплексных стратегических и тактических управленческих решений. Поскольку в пределах бассейна Амура сходятся интересы нескольких государств то и решения эти должны носить преимущественно международно согласованный характер.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронов Б.А.* Экологические проблемы бассейна Амура // *Природа без границ / Тез. пл. докл. Межд. экол. форума. Владивосток, 7–9 июня 2006 г. Владивосток: Адм. Прим. края, 2006. С. 15–17*
2. *Махинов А.Н., Ким В.И., Воронов Б.А.* Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия // *Вестник ДВО РАН. 2014. №2 (174)*
3. *Соколова Г.В.* Лесопожарная обстановка в районах Дальнего Востока на основе влияния процессов в океанах и атмосфере // *Региональные проблемы 2013. Т.16. №2. С. 78–83*
4. *Состояние природной среды и природоохранная деятельность в Хабаровском крае в 1991 году. Хабаровск: РИОТИП, 1992. 97 с.*
5. *Фуряев В.В.* Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1996. 253 с.

**ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ПИРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ**

**Зубарева А.М., Зубарев В.А.**

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
Биробиджан, Россия*

**ASSESSMENT OF NATURAL PYROLOGICAL CONDITIONS  
OF RECLAIMED TERRITORIES  
OF THE JEWISH AUTONOMOUS REGION**

**Zubareva A.M., Zubarev V.A.**

*Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidzhan, Russia*

**Abstract** In the course of the study, an assessment was carried out, taking into account a number of the main natural factors causing the occurrence of fires within the wetlands. Areas with varying degrees of natural predisposition to the occurrence and spread of fires have been identified. It has been established that drainage reclamation is one of the agricultural factors contributing to the occurrence of vegetation fires. A change in the moisture regime primarily generates a transformation of the vegetation cover, where one type of vegetation changes to another, as well as a change in soil cover and a decrease in the level of bog waters. All this leads to the fact that the class of fire hazard of the territory in aggregate and component wise shifts towards an increase in fire hazard.

Одними из самых распространенных и опасных природных рисков являются природные пожары. Существенный рост природной пожарной активности (ПО) на территории Еврейской автономной области (ЕАО) прослеживается со второй половины XX в., что имеет прямую связь с проведением с 1930-х г. ширококомасштабных работы по осушению болот для сельского хозяйства. В настоящее время значительная часть осушенных болот фактически не используется, зарастает мелколесьем и кустарниками и при низком уровне болотных вод периодически подвергается пожарам.

Целью данного исследования является проведение комплексной оценки потенциальной природной пожароопасности осушенных болот на территории ЕАО.

В качестве объектов исследования выбраны четыре осушительные системы, эксплуатируемые с 30-х годов XX века до настоящего времени, расположенные на территории Среднеамурской низменности.

Для анализа ПО осушенной местности из критериев, определяющих возникновение и пространственное распространение пожара, были выбраны главные: пожароопасность растительности [3], свойства почв [4], уровень болотных вод [2], поскольку такие показатели, как угол наклона и климатические характеристики, будут иметь одинаковое значение при исследованиях крупного масштаба, их использование было признано не информативным.

Каждый показатель оценен по равномерным пятиуровневым шкалам, где максимальный балл присвоен наиболее пожароопасному значению. Комплексная оценка была получена суммированием баллов. Оценка пожароопасности территории проводилась с использованием в качестве операционно-территориальной единицы бассейна мелиорированных водотоков, что позволи-

ли оценить используемые нами критерии пожароопасности в рамках естественных границ.

Проведена оценка ПО бассейнов рек, предрасположенности исследуемых территорий до и вовремя осушения, что позволяет проследить взаимосвязь природных компонентов и их пирогенных характеристик в рамках естественных границ речных бассейнов.

Бассейн р. Ульдура имеет площадь водосбора 8,5 тыс. га, залесенность ее бассейна составляет – 20%, заболоченность – 80%, который занят на 1,1 тыс. га аграрными землями, в большей частью луга с дерново-подзолистым типом почв, занятых растительностью лугово-болотного происхождения.

Бассейна р. Ульдура стал пожароопаснее по природным характеристикам (интегральный показатель изменился с 22 до 31) после проведения в его границах осушительных работ. В связи с тем, что увеличивается приблизительно в два раза площадь земель с уровнем болотных вод ниже поверхности и растительностью, относящейся к I классу (очень высокой) пожароопасности.

Бассейн р. Грязнушка оценен по такому же принципу как р. Ульдура. Площадь 19,1 тыс. га, расположен в Биробиджанском районе ЕАО. Растительный и почвенный покров относительно однороден: 4,4 тыс. га. (20%) занято бурными почвами с лесной растительностью, и около 14,6 тыс. га (80 %) приходится на луговые почвы с разнотравными лугами, периодически или постоянно переувлажненными. Общий итоговый балл ПО территории бассейна до проведения осушительных работ составлял – 24.

После осушения и проведения сельскохозяйственных работ, вероятность возникновения пожара возростала (интегральный показатель баллов изменился с 24 до 27), так как повышается, приблизительно в два раза, площадь земель с уровнем болотных вод ниже поверхности и растительностью, относящейся к I классу (очень высокой) пожароопасности.

По примеру р. Ульдура составлена оценка природной пожароопасности р. Осиновка. Бассейн р. Осиновка имеет площадь водосбора 430 тыс. га. Залесенность ее бассейна составляет 30%, заболоченность – 70%. Водоток и всё его русло трансформировано в мелиоративный канал, бассейн занят лугами и пастбищами. В нижнем течении высокий процент заболоченности. Здесь река принимает большое количество мелиоративных каналов. В среднем течении русло реки выпрямлено, активно затягивается высшей водной растительностью, скорость течения низкая, русловой аллювий представлен преимущественно илом.

Оценивая природную пожароопасность бассейна реки Осиновка, можно заключить, что вероятность возникновения возгораний после проведения осушения увеличилась (интегральный показатель баллов изменился с 21 до 31), так как примерно в два раза увеличилась территория с уровнем болотных вод ниже поверхности и пожароопасной растительностью, относящаяся к I классу очень высокой пожарной опасности.

Таким образом, в ходе исследования пожарной опасности выбранных бассейнов рек можно заключить, что после осушения пожароопасность исследуемой территории увеличилась. Об этом свидетельствует итоговый балл комплексной оценки, который во всех случаях увеличивается после осушения. Это происходит в следствии:

– Появления осушенных территорий. Часть территории с периодически или постоянно переувлажненными лугами заняли осушенные разнотравно-вейниковые и вейниковые луга. Трансформируемая территория составила 15,1 тыс. га.

Таблица 1. Оценка потенциальной природной пожароопасности бассейна р. Ульдура

	Почвы, баллы	Растительность, баллы	Уровень болотных вод, баллы	Итого, балл
до осушения	Бурые лесные суглинистые (3)	Смешанные широколиственные леса с преобладанием липы (4)	Ниже поверхности (2)	22
		Дубняки и редколесья с березой даурской, леспедецей двуцветной и лещиной разнолистной (4)		
	Луговые глинистые (2)	Мокрые вейнико-осоковые луга в комплексе с осоковыми и моховыми болотами, иногда с редким ерником, единичной березой маньчжурской (1)	На уровне поверхности (1)	
		Осоково-разнотравно-вейниковые и вейниковые луга, периодически или постоянно переувлажненные (1)		
после осушения	Бурые лесные суглинистые (3)	Осиново-белоберезовые травянистые леса по релкам, местами в сочетании с ерниково-тальничковыми зарослями и вейниково-осоковыми кочками (2)	Выше уровня поверхности (0)	31
		Редколесье осины и маньчжурской березы с ивой козьей и вейниково-осоковыми лугами (2)		
	Луговые глинистые (2)	Смешанные широколиственные леса с преобладанием липы (4)	Ниже поверхности (2)	
		Дубняки и редколесья с березой даурской, леспедецей двуцветной и лещиной разнолистной (4)		
Антропогенное преобразованные сельскохозяйственные (2)	Мокрые вейнико-осоковые луга в комплексе с осоковыми и моховыми болотами, иногда с редким ерником, единичной березой маньчжурской (1)	На уровне поверхности (1)		
	Осоково-разнотравно-вейниковые и вейниковые луга, периодически или постоянно переувлажненные (1)			
Антропогенное преобразованные сельскохозяйственные (2)	Осиново-белоберезовые травянистые леса по релкам, местами в сочетании с ерниково-тальничковыми зарослями и вейниково-осоковыми кочками (2)	Выше уровня поверхности (0)		
	Редколесье осины и маньчжурской березы с ивой козьей и вейниково-осоковыми лугами (2)			
Антропогенное преобразованные сельскохозяйственные (2)	Ниже поверхности (2)	Ниже поверхности (2)		
	Осушенные разнотравно-злаковые луга и сельскохозяйственные посевные угодия (5)			

– Замены растительного покрова. Прирусловые заросли ив; комплекс осоково-разнотравно-вейниковых лугов, моховых и осоковых болот, с остатками

лиственничных марей; осоково-разнотравно-вейниковые и вейниковые луга, периодически или постоянно переувлажненные частично трансформировались в осушенные разнотравно-вейниковые и вейниковые луга, а также сельскохозяйственные посевные угодья.

– Снижения уровня болотных вод произошло на 16,2 тыс. га исследуемой территории бассейнов рек, подверженных мелиорации.

– Трансформации почвенного покрова, где типичные почвы меняются на антропогенно-преобразованные сельскохозяйственные.

Таким образом, в ходе исследования, была проведена пирологическая оценка в пределах заболоченных территорий с учётом ряда основных факторов, формирующих природные условия развития пожаров. Выделены бассейны с разной степенью природной предрасположенности к возникновению и распространению возгораний.

Осушительная мелиорация является одним из сельскохозяйственных факторов способствующих возникновению пожаров растительности. Изменение режима увлажнения в первую очередь приводит к трансформации растительного покрова, где один тип растительности меняется на другой, изменению почвенного покрова, снижению уровня болотных вод. Это всё приводит к тому, что класс пожарной опасности территории в совокупности и покомпонентно сдвигается в сторону увеличения пожароопасности.

Полученные результаты могут являться базой для прогнозирования природных возгораний, в том числе и разработки рекомендаций по целесообразному использованию и уменьшению потенциальной природной пожароопасности мелиорируемых территорий Еврейской автономной области.

Следует отметить, что данная работа на территории ЕАО является только начальным этапом в изучении условий возникновения и территориального распространения пожаров. В перспективе для комплексной оценки пожароопасности мелиорируемых земель необходимо учесть антропогенный фактор и фактическую горимость территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куренцова Г.Э. Очерк растительности Еврейской автономной области. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1967. 61 с.
2. Оценка потенциальной пожарной опасности осушенных болот Томской области / А.А. Синюткина, Е.Н. Бурнашова, А.А. Беленко, Л.П. Гашкова, А.А. Малолетко // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 12. С. 45–53.
3. Стародумов А.М. Шкала пожарной опасности насаждений и других категорий площадей для условий Дальнего Востока. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1965. 1 с.
4. Неуструев С.С. Элементы географии почв М. Л.: Сельхозгиз. 1930. 240 с.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕДНИКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ  
ТРАНСГРАНИЧНЫХ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ И МОНГОЛИИ****Иванов Е. Н.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия***THE CURRENT STATE OF GLACIAL LANDSCAPES OF THE TRANS-  
BOUNDARY MOUNTAIN TERRITORIES OF RUSSIA AND MONGOLIA****Ivanov E.N.***V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

**Abstract.** Glacial areas are interesting to identify trends in glaciations dynamic in view of global warming. Global warming is reviling not only in reducing the circumpolar ice shields of the Planet, but in a condition of mountain glaciers. Small glaciers of south of Eastern Siberia are sensitive to such changes and they can serve as indicators of the rate of climate change. East Siberia's mountain glaciers significantly reduced in thickness for the last decades, and their degradation is slowed in the last 5–10 years. A GIS project and a database of nival-glacial formations have been created for the quantitative analysis of the accumulated information.

Несмотря на наличие высоких гор до середины XX века считалось, что на территории Восточной Сибири резко континентальный климат с малым количеством осадков зимой и достаточно теплым летом создает неблагоприятные условия для образования ледников и фирновых полей. В настоящее время в горах Байкальской рифтовой зоны (Прибайкалье) обнаружено около 150 ледников общей площадью 50 кв. км. По сравнению с другими горными регионами России, где существуют современные оледенения, Прибайкалье занимает пятое место по площади ледников после Кавказа (1000 км<sup>2</sup>), Камчатки (866 км<sup>2</sup>), Алтая (628 км<sup>2</sup>) и Верхояно-Колымской горной страны с Корякским нагорьем (580 км<sup>2</sup>) [1].

Ледниковые ландшафты Байкальского региона можно представить в виде широтного трансекта, который охватывает различные природные зоны. Он является наиболее характерной континентальной территорией без значительного антропогенного и океанического влияния. На севере трансект начинается от хребта Кодар и проходит на юго-запад через Байкальский и Баргузинский хребты к Восточному Саяну.

Выстраивается широтная зона, продолжающаяся от центрально-сибирских таежных континентальных до южно-центрально-азиатских резко континентальных степных геосистем. Кроме того, высотная зона, характеризующаяся присутствием ей горными геосистемами, простирается от степных и лесных до гольцовых и нивально-ледниковых ландшафтов. Здесь происходит увеличение высот в южном направлении, при этом сохраняется термическая устойчивость подобных геосистем.

Ледниковые объекты на трансекте – это малые формы современного оледенения, которые наиболее уязвимы к изменениям климата. Рассмотрение поведения горных нивально-гляциальных геосистем позволит выявить некоторые глобальные и региональные закономерности изменчивости климата.

Перспективы для исследований в обширных и отдаленных горных районах появились благодаря развитию электронных географических технологий. К таким технологиям относятся:

- Космические снимки сверхвысокого разрешения, по которым можно регистрировать географические особенности в диапазоне электромагнитного излучения от видимого до теплового и радио;
- ГИС-технологии для анализа данных дистанционного зондирования, тематических карт и данных наземных полевых измерений;
- Приборы GPS-навигации и наземные лазерные сканирующие системы;
- ГИС-порталы, такие как Google Earth, ESRI ArcGis, kosmosnimki.ru и другие;
- Тематические профессиональные социальные сети для обмена современной пространственно распределенной информацией.

Горные ледники интересны еще и тем, что без изучения ледниковой среды невозможно выделить процессы, в которые они включены. Энергообмен и массообмен ледников происходит в тесном взаимодействии с окружающей средой. Размер и положение нивально-ледникового образования влияет на всю геосистему окружающей среды. Во-первых, высокое альbedo приводит к тому, что солнечные лучи отражаются от ледника на окружающие природные объекты, увеличивая поступление к ним солнечной радиации. Во-вторых, сток с ледника проникает в геосистемы, которые орографически расположены ниже, и вызывает новые процессы. В-третьих, на территориях, занятых ледниками или многолетними снежниками, происходят интенсивные процессы и нивация, которые преобразуют и формируют новый рельеф. В-четвертых, образуются моренные фации с особыми свойствами и взаимосвязями.

Ледники в Прибайкалье были нанесены на топографические и туристические карты, но часто ледниками обозначались большие многолетние снежники. Необходимо было провести специальное исследование этих образований, чтобы отнести их к той или иной группе. Недавно опубликованные данные дистанционного зондирования (спутниковые снимки) высокого разрешения позволяют различать разнообразные снежные и ледяные объекты (с точностью до 0,5 м). При выявлении устойчивых нивально-ледниковых образований необходимо было измерить характерные параметры этих объектов и их границ, используя топографические карты, спутниковые снимки и GPS-устройства на месте. Для количественного анализа накопленной информации мы создали ГИС-проект и базу данных нивально-ледниковых образований. Горные ледники Восточной Сибири за последние десятилетия значительно уменьшились в толщине, а в последние 5-10 лет их деградация замедлилась.

*Кодарский хребет.* На границе Иркутской области и Забайкальского края в верховьях рек Сюльбан, Верхний и Средний Сакукан, Апсат, Левая Сыгыкта находится значительное количество ледников различных форм и размеров. В совокупности они образуют Кодарскую ледниковую область. Впервые ледники хребта Кодар были открыты в 1958 году по данным аэрофотосъемки 1963 и 1968 годов. Тридцать ледников Кодара внесены в каталог ледников СССР [2]. Район является регионом высокой сейсмической активности. Между хребтами Кодар и Удокан находится уникальный природный объект под названием Чараские пески. Песчаный оазис в окружении заснеженных горных вершин привлекает основную массу туристов этого района. Согласно наиболее распространенному мнению, массив Чара-пески образовался в результате ветровой переработки донных песчаных отложений древнего озера, существовавшего в Чар-

ской впадине в период позднечетвертичного оледенения. Ледники, спускавшиеся с хребта Кодар, периодически перекрывали долину реки и приводили к накоплению песчаного материала, поставляемого в избытке водными потоками и ледниками, спускавшимися с соседних горных хребтов.

Особенности, обусловленные суровым континентальным климатом, ответственны за существование современного оледенения и повсеместного криогенеза на Кодаре. Средняя температура ледников Кодара на дне слоя годовых колебаний составляет  $-7^{\circ}\text{C}$ .

Ледники превратили многие долины региона в типичные котловины с характерным U-образным поперечным профилем и оставили многочисленные следы в виде терминальных морен, полей льдистых пород, сглаженных скальных отрогов. По-видимому, в этот период на Кодаре выше снеговой линии под влиянием денудационных процессов происходило формирование остроугольных хребтов и вершин, в Чарской впадине накапливались плотные массы рыхлого материала и развивался намывной ландшафт.

Для ледников Кодарского ледникового района характерна тенденция реагирования на наблюдаемые изменения климата, при которой они не столько уменьшаются по площади, что характерно для большинства ледников мира, сколько теряют массу и толщину. Это прямо указывает на зависимость существования этих ледников в большей степени от свойств подстилающей поверхности, чем от количества осадков на данной территории.

Что касается тенденции такой реакции на изменение климата для повторных ледниковых клиньев р. Чара, то она характеризуется не столь быстрыми темпами деградации, что можно было бы ожидать, учитывая недавние положительные изменения среднегодовой температуры.

Климатические условия в регионе до сих пор остаются чрезвычайно суровыми. По некоторым показателям они даже более суровы, чем на Крайнем Севере. Например, в Чаре число дней со среднесуточной температурой ниже минус  $25^{\circ}\text{C}$  составляет 94, тогда как в Игарке и Магадане – 84 и 36 соответственно. Таким образом, низкие температуры и слабое увлажнение позволяют ледниковым объектам находиться в относительно устойчивом состоянии.

*Байкальский и Баргузинский хребты.* Исследование Байкальского и Баргузинского хребтов с точки зрения гляциологии недостаточно. Сохранилось четыре ледника на Байкальском хребте и два на Баргузинском хребте. Ледники в Байкальских горах были открыты в 1981 г. Ледники на Баргузинском хребте были открыты в 1985 и 2013 гг. Баргузинский хребет расположен в Бурятии на северо-восточном побережье озера Байкал. Его длина составляет 280 км, максимальная ширина – 90 км, а самая высокая точка – 2841 м (над уровнем моря). Восточные склоны очень крутые, часто скалистые, безлесные и полого склоняются к озеру Байкал. Западный берег озера Байкал на севере образует Байкальский хребет. Восточные склоны круто обрываются к озеру. Северные районы Байкала отличаются от южных меньшей продолжительностью солнечного сияния: 1800 ч против 2000–2200, меньшим безморозным периодом в 102 дня (на юге 124), средняя температура воздуха не превышает  $-3,3^{\circ}\text{C}$ .

Количество ледников в этом регионе невелико, они могут вскоре исчезнуть. В этих районах проводятся нерегулярные редкие экспедиции с участием автора и других ученых.

В настоящее время в Байкальском хребте находится несколько ледников. Самый крупный из них расположен в юго-восточном цирке горы Черского (2588 м над уровнем моря) примерно в 18 км к западу от северной части озера

Байкал. Мы обнаружили, что Байкальские нивально-ледниковые образования более устойчивы, чем образования в Баргузинском хребте.

За последние 50 лет общая площадь нивально-ледниковых образований в Баргузинском хребте, по предварительным оценкам, уменьшилась в четыре раза, а ледников – только в два раза. За это же время ледники Байкальского хребта уменьшились только на 1/3. Значительно уменьшилась толщина ледников горных хребтов юга Восточной Сибири. Их резкое таяние идет с 2000-х годов. Главный ледник Баргузинского хребта уменьшается со скоростью 0,002 км<sup>2</sup>/год. Это сравнимо со скоростью уменьшения ледников Восточного Саяна, но меньше, чем у представителя хребта Кодар – ледника Азаровой.

Во время экспедиции на Баргузинский хребет летом 2013 г. был найден, описан и занесен в Базу Данных новый ледник в верховьях Тала Светлинской. Всего в ходе экспедиции было обследовано восемь нивально-ледниковых образований на северной стороне хребта. На обнаруженном леднике площадью 0,136 км<sup>2</sup> были зафиксированы специфические ледниковые признаки, что позволило отнести ледник к малому типу.

*Восточный Саян.* Восточные Саяны были изучены гораздо раньше Станового нагорья и Байкальского региона. По заданию Русского географического общества Г.И. Радде в 1859 г. впервые совершил экспедицию в район-массив Мунку-Сардык и обнаружил ледники. Позже Ячевским в 1888 г. и Перетолчиным в 1908 г., которые впервые описали ледники, проводятся геолого-географические исследования Восточных Саян. Подтверждено наличие 5 современных ледников в массиве Мунку-Сардык, в районе пика Топографа – 7 ледников, в остальной крайне удаленной части Восточного Саяна (Большой Саян) – около 100 ледников [3].

Территория массива Мунку-Сардык является регулярным полигоном Института географии имени В.Б. Сочавы. До 21 века люди посещали этот район очень редко. Но вот уже более 20 лет ежегодно в этот район приезжает более 15000 человек. Ежегодно в первых числах мая, когда температура уже вполне комфортная для начальной подготовки туристов, проводится целый туристический фестиваль. Наблюдая за ним, мы можем в реальном времени увидеть изменения окружающей среды на восприимчивых поверхностях – ледниках, моренах, наледях, снежниках. Мы рассмотрели влияние ежегодной туристической недели на экосистему вокруг высочайшей вершины Восточной Сибири – Мунку-Сардык, являющейся частью границы между Россией и Монголией. Этот хребет интересен самой высокой вершиной Восточной Сибири – 3491 м над уровнем моря, а также наличием современного оледенения.

10 лет назад на этом массиве было зафиксировано 5 ледников: Ледник Радде, южный и северный ледники Перетолчина, ледник Пограничный и ледник Бабочка. Экспедиция летнего сезона 2018 г. показала, что здесь остается 4 активных ледника, ледник Бабочка растаял и превратился в просто снежное поле. Ледник главной вершины – Северный ледник Перетолчина – отступил на 50% от 1906 г. [4].

Географические и экологические факторы возможностей территориального развития показывают некоторые перспективы хозяйственного использования ледниковых ландшафтов трансграничных горных территорий России и Монголии. Горные территории Восточной Сибири с точки зрения социальной географии обычно рассматриваются в основном как источник полезных ископаемых и, в редких случаях, как рекреационные объекты. При этом упускается из виду фактор оледенения, который в ближайшем будущем может стать весьма важ-

ным. Хотя горные ледники Сибири относятся к малым формам, но в свете устойчивого повышения ценности пресной воды следует обратить внимание на сибирские ледники. Они являются потенциальным источником пресной воды, как и другие более масштабные ледниковые области. Важно учитывать местные климатические и ландшафтные условия при изучении горных ледников, которые являются очень динамичными элементами природы с быстрой реакцией на любое воздействие. Для человечества жизненно важно понять все особенности этих природных генераторов пресной воды, самого ценного ресурса для планеты Земля.

В настоящее время ледники Восточной Сибири интересны как индикаторы произошедших климатических и экологических изменений. Поскольку эти ледники имеют небольшую форму, скорость реакции на такие изменения достаточно высока. Узнав, что происходило с горными ландшафтами в недавнем прошлом, можно с определенной вероятностью предсказать климатические и экологические изменения в будущем, распространить эти прогнозы с горных районов на всю территорию Сибири в целом [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ivanov E. N., Plyusnin V. M., Kitov A. D., Kovalenko S. N., Balyazin I. V., Sofronov A. P.* Inventory of nival-glacial geosystems in Lake Baikal area (East Siberia, Russia) // EES 2015 Publisher Springer Berlin Heidelberg. Pp. 1866–6299 DOI 10.1007/s12665-015-4446-z
2. Каталог ледников СССР. Хребет Кодар. Л.: Гидрометиздат, 1972. Т.17. Вып.2, Ч. 1. 44 с.
3. Каталог ледников СССР. Ангаро-Енисейский Район. Л.: Гидрометеоздат, 1973. Т.16. Вып. 1, Ч. 3–5. Вып. 2, Ч. 1. 64 с.
4. *Kitov, A.D., Plusnin V.M.* Features local glaciological phenomena in mountain landscapes (on example Baikal-Urumchi TRANSECT) / *A.D. Kitov., V.M. Plyusnin* // Intercarto-InterGIS-14: Abstracts. Saratov: SGU. 2008. P. 44–45
5. *Plyusnin V.M., Ivanov E.N., Kitov A.D., Sheinkman V.S.* The modern glaciers dynamics in the mountains of Eastern Siberia's south / *Geography and natural resources*, 2017. Vol. 38, Iss. 3, Pp 267–274.

**ОТРАЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА  
НА ПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВОЙ ГРАНИЦЕ  
В ПИГМЕНТНОМ ПРОФИЛЕ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

**Климин М.А.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

**PIGMENT PROFILE OF PEAT DEPOSIT AS REFLECTION OF CLIMATE  
FLUCTUATIONS AT THE PLEISTOCENE-HOLOCENE BOUNDARY**

**Klimin M.A.**

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract:** The author examined the sections of the oldest bog in the Lower Amur Region. A good correspondence was observed between the pigment profile characteristics of the most representative section and climatic fluctuations at the end of the Pleistocene-early Holocene (Allered, Young Dryas, Pre-Boreal period in the western part of Northern Eurasia). The possibility of detailing the paleogeographic study of the history of vegetation development during periods of short-term climate fluctuations is substantiated on the basis of pigment indicators.

При использовании результатов палеогеографических исследований торфяных отложений Евразии, полученных классическими методами (споропыльцевым, радиоуглеродным и др.), далеко не всегда удастся выявить детальные изменения климата, происходившие в конце плейстоцена–начале голоцена. Основной причиной является ограниченное количество торфяных разрезов, в которых за этот период образовался достаточно мощный органогенный слой. В связи с этим широко использовались данные изучения других природных объектов – ленточных глин, следов деградации ледников и т.п. В конце 1960-х годов накопленная информация позволила шведскому ученому Н.А. Мёрнеру обобщить результаты европейских исследователей, изучавших последовательность потеплений и похолоданий в этот период на примере отступления края Скандинавского ледника на территории Дании-Швеции [1].

Не претендуя на полное освещение климатических колебаний в это время, попытаемся сравнить кривую Мёрнера в ее нижней части (12–10 тыс. радиоуглеродных лет назад) с данными, полученными нами при анализе распределения сохранившихся фотосинтетических пигментов по профилю одного из разрезов, заложенного на древнейшем покровном торфянике Нижнего Приамурья – Гурском. Этот разрез вскрыл очаг первичного заболачивания на территории, освобожденной от воды обширного мелководного озера вследствие его спуска р. Амур в конце плейстоцена. Основное отличие упомянутого разреза от других разрезов, заложенных на расстоянии от 35 см до нескольких десятков метров, заключается в наиболее мощной толще торфяных слоев, образовавшихся во время потепления и похолодания, синхронных аллереду и молодому дриасу в торфяниках Европы [3]. Определение сохранившихся пигментов и их производных – хлорофиллов *a*, *b*, *c*, а также общего количества каротиноидов – производилось согласно ранее предложенной методике [4]. Полученный пигментный профиль разреза представлен на рисунке 1А.

В данном конкретном случае очагом заболачивания послужило воронкообразное углубление в минеральном ложе болота, куда в течение длительного времени поступал (посредством смыва с поверхности) растительный детрит.

Самая нижняя узкая часть углубления, в которой находился темный с примесью глины торф, по форме напоминающий сталактит, большей частью была пуста. Это пустое пространство, образовавшееся, вероятно, после вытаявания линзы льда, перекрыто слоем коричневого плотного торфа, имеющего слоистую структуру, к нижней части которого и прикреплен «сталактит». Радиоуглеродная датировка, полученная для слоя торфа на глубине 328–335 см,  $11530 \pm 155$  (СОАН-4714), соответствует середине аллередского интервала. Поэтому слой торфа, образовавшийся во время потепления, аналогичного аллереду, в этом разрезе составляет около 65 см (рис. 1А).

Хотя на кривой Мёрнера потепление в аллереде приведено достаточно схематично – пунктирной линией, не отражающей особенности начала и конца периода, многими исследователями отмечалось, что это потепление было неравномерным – в разных местах Европы аллеред делится на две (Польша) или даже на три (Германия, Франция, Латвия) фазы. Однако во всех схемах первая половина аллереда считается прохладнее второй [2, 7].

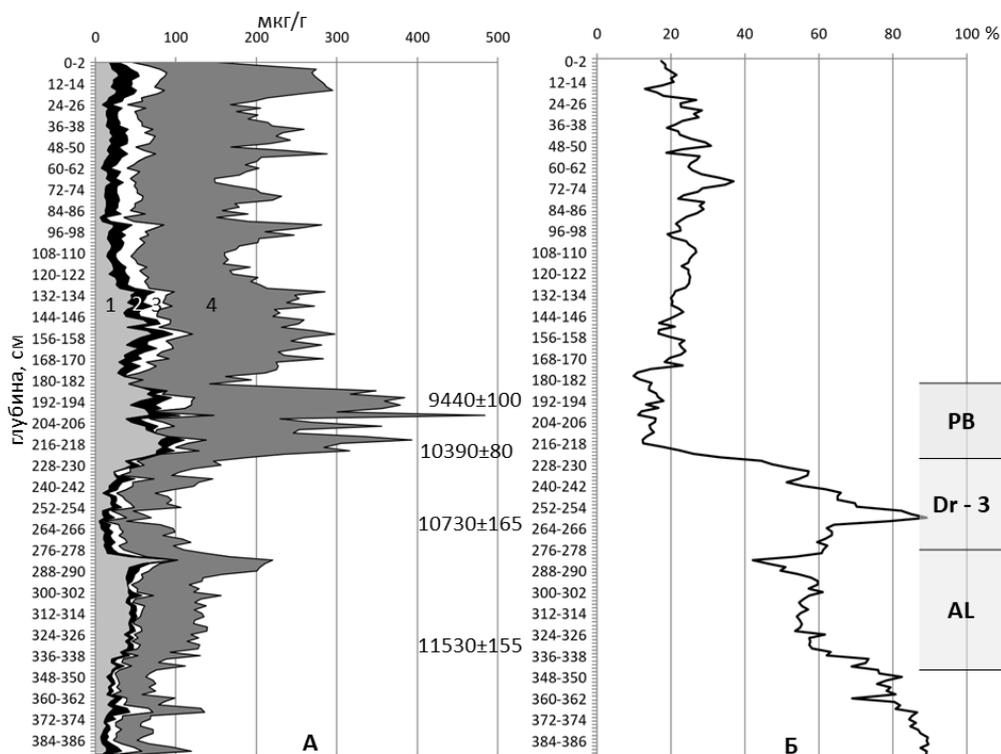


Рис. 1. Пигментный профиль (А) и зольность (Б) разреза Гурского торфяника  
 Условные обозначения: 1–3 – хлорофиллы *a*, *b*, *c*; 4 – содержание общих каротиноидов;  
 $10390 \pm 80$  – радиоуглеродные датировки.

На диаграмме пигментного профиля Гурского разреза хорошо выражен максимум суммарного количества пигментов на глубине 294–280 см, что позволяет говорить о том, что окончание потепления, синхронного аллереду в Европе, было гораздо более теплым, чем предыдущая часть периода. Это также следует из данных по большинству разрезов, заложенных на Гурском болотном массиве, в пигментных профилях которых зачастую имеется лишь существенный максимум пигментов, отражающий позднеаллередское потепление. Ниж-

ние слои с меньшим количеством пигментов, соответствующие раннему аллереда, в них могут отсутствовать [4]. Данное обстоятельство, скорее всего, является следствием как существенного замедления, вплоть до остановки, торфообразования при неблагоприятных климатических условиях, так и определенного влияния на процесс торфонакопления микрорельефа минерального ложа болотного массива.

Наиболее интересны данные, полученные в разрезе Гурского торфяника для холодного периода молодого дриаса. На глубине 225–280 см залегают слои торфа с высокой зольностью – в максимуме до 89,1% (рис. 1Б). Этот отрезок диаграммы пигментного профиля характеризуется резким снижением количества пигментов (рис. 1А).

На диаграмме Мёрнера в молодом дриасе выделены несколько потеплений и похолоданий. Сразу после максимального потепления в конце аллереда произошло глубокое похолодание Таберг, которому на пигментной диаграмме Гурского разреза, вероятно, соответствует снижение количества пигментов на глубине 280–262 см. Подтверждением этого отчасти является полученная радиоуглеродная датировка торфяного слоя, залегающего на глубине 260–265 см, показавшая его возраст  $10730 \pm 165$  л.н. (СОАН-4713), который близко соответствует времени окончания этого похолодания.

Затем, согласно данным Мёрнера, произошло небольшое потепление (интервал), после которого были два похолодания (Скёвде и Вадстена), вызвавшие незначительные подвижки ледника, разделенные несущественным потеплением. Во время этих сравнительно небольших климатических колебаний в Гурском торфянике сформировались слои торфа 260–246 см.

На глубине 244–236 см залегают слои торфа, образовавшийся, вероятно, во время теплого интервала между похолоданиями Вадстена и Биллинген. Последнее похолодание перед собственно голоценом – Биллинген – вновь обусловило снижение количества пигментов, наблюдаемое на глубине 234–230 см.

После молодого дриаса на территории Северной Евразии наступило существенное потепление, названное Н.А. Хотинским «половецким», начало которого исследователи обычно относят ко времени около 10300 радиоуглеродных л.н., а продолжительность оценивают в 300 лет. Потепление, синхронное Половецкому, хорошо диагностируется и в Гурском разрезе, в котором на глубине 220–225 см была получена датировка  $10390 \pm 80$  л.н. (СОАН-4712), а в вышележащем слое торфа на глубине 230–214 см зафиксировано накопление большого количества производных фотосинтетических пигментов. В одном из разрезов сумма пигментов в 2-см слое торфа, образовавшемся во время этого потепления, достигает величины 1388 мкг/г сухого торфа, что в 3,5 раза больше, чем в рассматриваемом разрезе и явно свидетельствует об очень теплых условиях во время его формирования.

Половецкое потепление в Европейской части России около 10000 радиоуглеродных л.н. сменилось глубоким 500-летним похолоданием, получившим в литературе название «переславский интервал похолодания» [6]. В рассматриваемом разрезе Гурского торфяника за это время образовался достаточно тонкий слой торфа – 214–202 см, характеристики которого позволяют сделать однозначное заключение о более холодных условиях, чем во время потепления, аналогичного Половецкому.

Большинство исследователей голоцена сходятся в том, что окончание предбореального периода было теплым, а переход к бореальному периоду ознаменовался новым существенным похолоданием около 9300 радиоуглерод-

ных л.н. На диаграмме пигментного профиля Гурского разреза хорошо видно, что после холодного периода, аналогичного переславскому похолоданию, слой торфа на глубине 202–186 см характеризуется сравнительно высоким количеством суммарного содержания пигментов. Учитывая датировку слоя торфа 190–195 см, равную  $9440 \pm 100$  л.н. (СОАН-5980), которая была перенесена на этот разрез из соседнего, заложённого в 35 см на той же зачищенной стенке, ввиду практически идентичных пигментных характеристик в обоих разрезах, можно констатировать, что эта толща торфа образовалась в самом конце предбореального периода. Непосредственно выше отметки 186 см и до глубины 178 см на диаграмме наблюдается глубокий минимум содержания пигментов при их минимальной представленности, т.к. хлорофиллы *b* и *c* «исчезают». Такая характеристика пигментных комплексов свойственна торфяным слоям, образовавшимся в очень прохладных и влажных условиях [5], которые, вероятно, и наступили в начале бореального периода голоцена.

Таким образом, наиболее представительный разрез одного из древнейших покровных торфяников Нижнего Приамурья (Гурского) содержит мощные толщи доголоценовых и раннеголоценовых отложений. С помощью полученной диаграммы пигментного профиля этого разреза становится возможным не только диагностировать местные потепления и похолодания, но и установить их связь с аналогичными климатическими колебаниями, достаточно хорошо описанными для значительно полнее изученных регионов Северной Евразии. Кроме того, открываются перспективы для детального изучения истории развития растительности в периоды кратковременных колебаний климата, не относящихся к крупным переломным событиям голоцена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кинд Н.В.* Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. Труды ГИН, вып. 257. М.: Наука, 1974. 256 с.
2. *Климанов В.А.* Климат Северной Евразии в аллередском периоде позднеледниковья // Известия Российской Академии наук. Серия географическая. 1995. № 5. С. 81–93.
3. *Климин М.А., Орлова Л.А., Базарова В.Б.* Искажения радиоуглеродных датировок в торфяных отложениях: одна из причин // Изучение глобальных изменений на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 46–50.
4. *Климин М.А., Сиротский С.Е.* Распределение фотосинтетических пигментов в профиле торфяных отложений как отражение колебаний климата в голоцене // Биогеохимические и геоэкологические процессы в экосистемах. Вып. 15. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 237–248.
5. *Климин М.А., Сиротский С.Е., Копотева Т.А.* Пигментные характеристики торфяных отложений различного генезиса Нижнего Приамурья // Биогеохимия и гидроэкология наземных и водных экосистем. Вып. 20. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2013. С. 157–166.
6. *Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
7. *Behre K.-E.* The Late Glacial and Early Postglacial history of vegetation and climate in Northwestern Germany // Review of Palaeobotany and palynology. 1967. Vol. 4, No. 1–4. P. 149–161.

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ УРАНА В ХРОНОРЯДУ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. АМУР

**Мартынов А.В.**

*Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия*

## CONTENT OF URANIUM IN CHRONOSEQUENCE OF ALLUVIAL SOILS IN THE MIDDLE REACHES OF THE AMUR RIVER

**Martynov A.V.**

*Institute of Geology and Nature Management FEB RAS, Blagoveshchensk, Russia*

**Abstract.** The change in the content of the total and available for plants of uranium during the evolution of floodplain soils in the middle reaches of the Amur River for 5000 years is considered. Regression models have been developed that determine the uranium content depending on soil parameters for automorphic and hydromorphic floodplain soils.

Уран относится к терригенным радионуклидам и широко распространен в природе. Большая часть урана сосредоточена в земной коре и распределена при этом крайне неравномерно [1]. Вместе с тем, радионуклиды природных радиоактивных урановых рядов играют важную роль в формировании дозовой нагрузки населения, проживающего на территориях с нормальным радиационным фоном [2]. В связи с этим возникает необходимость в информации о содержании урана в компонентах окружающей среды, откуда он может проникнуть в организм человека. Одним из главных путей проникновения радионуклидов в организм человека являются трофические цепи, в которых важнейшую роль выполняют почвы. Наибольший интерес представляют почвы, формирующиеся в пределах пойм. Поймы являются природной дренажной системой на пути глобального круговорота веществ, т.к. через них осуществляется транспорт макро- и микроэлементов с суши в реки, а затем в моря и океаны. Поэтому поймы – одни из самых биологически продуктивных и плодородных ландшафтов, что обуславливает их высокую вовлеченность в хозяйственную деятельность человека по всему миру. В результате, поток химических веществ, биогенных элементов, металлов, в том числе и урана, через поймы увеличивается с каждым годом, что часто приводит к загрязнению пойменных почв [3].

Также при геохимических исследованиях необходимо учитывать, что пойменные почвы находятся в сложных взаимодействиях с окружающей средой. Это наиболее молодые и динамичные участки суши, подверженные сильному воздействию геологических и биологических факторов и находящиеся в состоянии ярко выраженного изменения и становления. В результате, в поймах, в пределах небольшой территории, можно встретить разные по возрасту, морфологии и свойствам почвенные образования, что дает возможность проследить геохимические процессы во времени.

Исследования проводились в пределах поймы среднего течения р. Амур, перед устьем р. Бурей между селами Куприяново и Калинино. Пойма на данной территории состоит из двух частей. Первая часть – молодая пойма (возраст до 3000 лет) имеет классическое строение: притеррасная пойма шириной около 3 км, центральная пойма около 3 км и небольшое притеррасное понижение до 500 м. Но за притеррасным понижением следует более древняя пойма (возраст

4000–5000 лет) в виде равнины, плавно переходящей в террасо-увал, сформированный продуктами разрушения надпойменной террасы (рис. 1).

Образцы отбирались по генетическим горизонтам, в почвах, представляющих автоморфный и гидроморфный хронологические ряды аллювиальных почв. Всего было заложено 13 разрезов, из которых отобрано 47 образцов. Названия почвам давались в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России от 2004 года [4]. В пределах исследуемой территории выделены следующие типы почв: аллювиальная слоистая (Ал<sub>сл</sub>), аллювиальная серогумусовая (Ал<sub>д</sub>), аллювиальная перегнойно-глеевая (Ал<sub>пг</sub>), брунезем (Бл).

Свойства аллювиальных почв определяли в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН. Были определены гранулометрический состав пипеточным методом, органическое вещество – методом мокрого озоления,  $pH_{КС}$ , обменные катионы  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $H^+$ ,  $Al^{+3}$ . Подвижные формы фосфора в 0,2HCl, марганца в формальдоксиде и железа с офенантролином. Аморфные формы железа и алюминия в вытяжке Тамма и кристаллические формы железа в вытяжке Мера-Джексона. Определение микроэлементов было выполнено методом масс-спектрологии с индуктивно-связанной плазмой в аналитическом центре коллективного пользования на базе ДВГИ ДВО РАН под руководством н.с. Зарубиной Н.В. Анализ на широкий спектр элементов был выполнен на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) Agilent 7700x (Agilent Technologies, Япония).

Возраст почв определялся в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» при Институте географии РАН. Из десяти отправленных образцов, датирующую фракцию углерода в необходимом количестве извлекли только из шести. Но, этого было достаточно, чтобы построить хронологический ряд аллювиальных почв исходя из их гипсометрического расположения и морфологических особенностей (рис. 2).

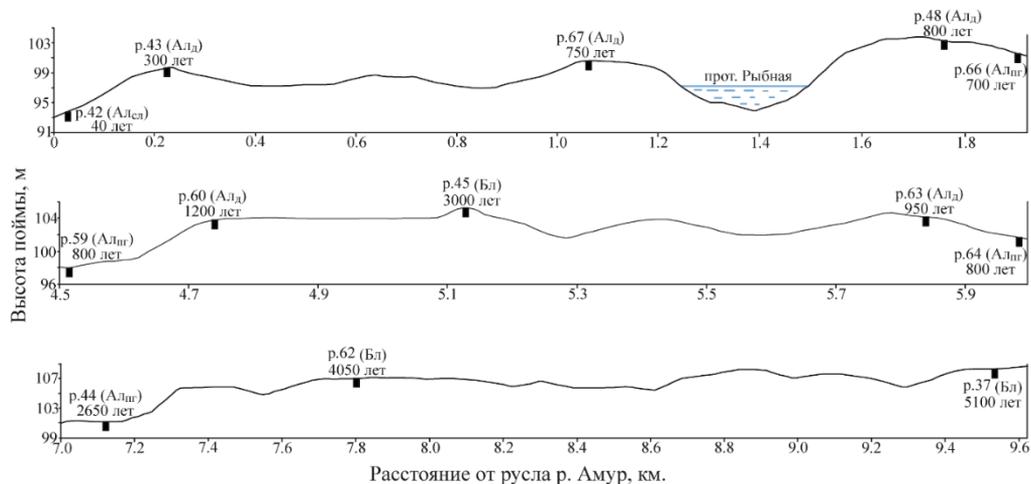


Рис. 1. Расположение почвенных разрезов на пойме и их возраст

Для характеристики взаимоотношений между содержанием урана и почвенными параметрами использовалась пошаговая множественная нелинейная регрессия. Статистическая обработка данных осуществлялась посредством программы Statistica v. 7.0.

Среднее содержание валового урана в почвах поймы среднего течения р. Амур в автоморфном и гидроморфном ряду почти одинаково, около 1,85 мг/кг. Минимальное содержание также идентично, а максимальное выше в гидроморфных почвах. Содержание подвижных форм урана выше в гидроморфных почвах. Коэффициенты вариации возрастают от валовой формы к подвижной форме и от автоморфных почв к гидроморфным почвам (табл. 1). Учитывая, что содержание урана варьирует в почвах мира от 0,8 до 11 мг/кг [5], можно говорить, что аллювиальные почвы в среднем течении р. Амур характеризуются низким содержанием фосфора.

Таблица 1. Описательные статистики содержания урана в среднем течении р. Амур

Почвы/уран	n	Среднее	Мин.	Макс.	Коэфф. вариации
Валовый в автоморфном ряду	31	1,8	0,81	2,79	24,15
Валовый в гидроморфном ряду	15	1,91	0,81	3,56	41,08
Подвижный в автоморфном ряду	23	0,25	0,04	0,47	52,59
Подвижный в гидроморфном ряду	11	0,22	0,07	0,52	67,32

Для выявления зависимости содержания валового и подвижного урана от возраста аллювиальных почв использована полиномиальная аппроксимация (рис. 2). Для обоих хронологических рядов характерно резкое накопление валового и подвижного урана с последующим снижением. В автоморфном ряду снижение фиксируется через 3000 лет, в гидроморфном через 1500 лет. Снижение содержания урана синхронизируется в почвах автоморфного ряда с преобладанием зональных процессов почвообразования (буроземообразование) над аллювиальными процессами, а в гидроморфном ряду с достижением пика развития глеевых процессов. В целом с возрастом среднее содержание валового урана в почвах обоих рядов увеличивается с 1 до 2 мг/кг. Содержание подвижной формы урана в автоморфном ряду возрастает с 0,1 до 0,3 мг/кг, в гидроморфном ряду – с 0,1 до 0,4 мг/кг.

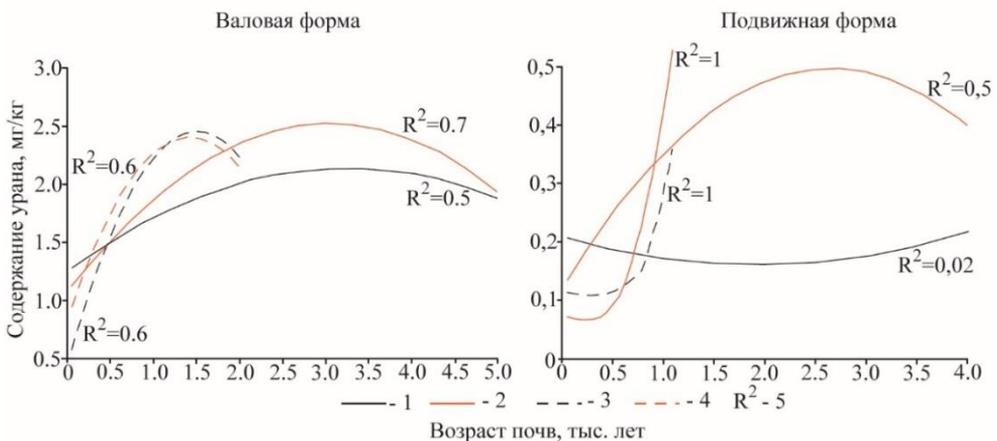


Рис. 2. Экспоненциальная кривая содержания урана в хронологическом ряду аллювиальных почв (1 – гумусово-аккумулятивные горизонты автоморфных почв; 2 – минеральные горизонты автоморфных почв; 3 – гумусово-аккумулятивные горизонты гидроморфных почв; 4 – минеральные горизонты гидроморфных почв; 5 – достоверность аппроксимации)

На начальных этапах развития уран преимущественно накапливается в органических горизонтах (рис. 2). В дальнейшем аккумуляция урана смещается в минеральные горизонты. В автоморфном ряду данная особенность выражена более сильно.

Регрессионный анализ позволил разработать модели, описывающие содержание урана через свойства исследуемых почв (табл. 2). В автоморфном хроноряду содержание валового урана определяется оксидами железа, подвижным фосфором и марганцем, а содержание подвижного урана – реакцией среды, подвижным фосфором и оксидами железа. В гидроморфном хроноряду содержание валового урана моделируется содержанием глинистых частиц, а подвижного урана – реакцией среды и обменным фосфором.

Таблица 2. Регрессионная модель содержания урана в пойменных почвах

Почвы/уран	Уравнение регрессии	R <sup>2</sup> (adjusted)	S.E. S.E.	S.E. of estimate	p	F
Валовый в автоморфном ряду	$y=2,13+1,01*\log\text{Fe}_2\text{O}_3-0,23*\log\text{P}_2\text{O}_5+0,14*\log\text{MnO}$	0,68	0,13	0,25	0,000	29,44
Валовый в гидроморфном ряду	$y=0,77+0,04*\text{Clay}$	0,72	0,22	0,42	0,000	36,74
Подвижный в автоморфном ряду	$y=0,32-0,0009*\text{pH}-0,0003*\text{P}_2\text{O}_5+0,09*\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{C}}$	0,69	0,60	0,07	0,000	17,34
Подвижный в гидроморфном ряду	$y=1,36-1,07*\log\text{pH}-0,2*\log\text{P}_2\text{O}_5$	0,69	0,23	0,08	0,004	12,00

Таким образом, содержание урана в пойменных почвах р. Амур в ходе их эволюции возрастает незначительно, в среднем с 1 до 2 мг/кг за 3000 лет и только до тех пор, пока активны поёмные и аллювиальные процессы. Содержание подвижной формы урана, доступной для растений, составляет не более 15% от валового содержания. Основными факторами, определяющими накопление и распределение урана в пойменных почвах, являются оксиды железа и глинистые минералы для валовой формы, и реакция среды почвенного раствора для подвижной формы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Greenwood N.N., Earnshaw A. Chemistry of the elements. Oxford. 1997. 1600 p.
2. Galina A.S., Svetlana V.O., Maryna V.P. Uranium and Its Distribution in Typical Belarusian Soils // Uranium in Plants and the Environment. ed. Dharmendra K.G. and Clemens W., Switzerland: Springer Nature. 2020. P. 33–68
3. Lair G.J., Zehetner F., Fiebig M., Gerzabek M.H., van Gestel C.A.M., Hein T., Hohen-sinner S., Hsu P., Jones K.C., Jordan G., Koelmans A.A., Poot A., Slijkerman D.M.E., Totsche K.U., Bondar-Kunze E., Barth J.A.C. How do long-term development and periodical changes of river–floodplain systems affect the fate of contaminants? Results from European rivers // Environmental Pollution. 2009. Vol. 157. P. 3336–3346.
4. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press. 2011. 505 p.

---

---

**ПРИРОДНОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ  
ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ  
И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

**Матюшкина Л.А.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

**NATURAL AND ANTROPOGENIC DIVERSITY OF SOILS  
IN THE SOUTH–WESTERN PART OF THE MIDDLE AMUR LOWLAND  
AND THEM RATIONAL USE**

**Matiushkina L.A.**

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The paper describes the soil cover diversity in extreme south-western part of Middle-Amur (in limits of Jewish Autonomous Oblast). Comparison of soil names in the national and international classifications are conducted. The main problems of studying of soils of the pre-mountain and plain (agricultural) territory, prospects of the soil conservation and rational use are considered.

Краевая юго-западная часть Среднеамурской низменности занимает обширную территорию левобережья р. Амур (между 47° и 49° с. ш. и 130° и 135° в. д.), ограниченную на юге руслом Амура и одновременно государственной границей с КНР, а на западе и севере – горными отрогами хребтов Малого Хингана и Буреинского. Восточная часть территории лежит в междуречье рек Амур, Бира и Тунгуска. К юго-западной части Среднеамурской низменности приурочена вся основная земледельческая территория Еврейской автономной области (ЕАО).

В физико-географическом отношении рассматриваемая территория входит в лесо-луговую подзону зоны хвойно-широколиственных лесов юга Дальнего Востока. Для климата характерно сочетание умеренной континентальности с муссонными чертами. Среднегодовая температура – 0,6–1,1°, среднегодовое количество осадков 600–700 (до 800) мм, показатель увлажненности территории выше 1. Высокий пик летних осадков создает условия временного повышенного и избыточного поверхностного увлажнения почв. Сильное и глубокое промерзание зимой и медленное оттаивание в весенне-летнее время также способствуют переувлажнению почв, сдерживанию в них биохимических процессов, накоплению “грубого гумуса” и развитию в минеральных горизонтах процессов оглеения.

Природное разнообразие почв на рассматриваемом участке низменности определяется пространственными различиями в климатических условиях, водных режимах, характере растительного покрова, почвообразующих пород и распространении многолетней и сезонной мерзлоты. Все эти факторы заметно изменяются в направлении с юга на север и с запада на восток. Большое влияние на генезис и географию почвенного покрова здесь оказала история развития физико-географической среды Приамурья в прошлые геологические эпохи, особенно в плейстоцене и голоцене, что было неоднократно отражено в работах Сохиной Э.Н. и Росликовой В.И.

История изучения почв Среднего Приамурья претерпела смену целого ряда представлений о сущности происходящих в них процессах. Первые представле-

ния о природе, ландшафтах и почвах Приамурья были получены в работах таких естествоиспытателей, как А.Ф. Миддендорф (1844), Л.И. Шренк, К.И. Максимович (1854) и др. В период (после 1908 г.) почвенно-ботанических экспедиций Главного переселенческого управления под руководством К.Д. Глинки и Н.И. Прохорова с участием В.Л. Комарова, Б.Б. Полынова и др. преобладало мнение о развитии в Среднем Приамурье только подзолистого и болотного процессов почвообразования. После исследований Амурских комплексных экспедиций СОПС АН СССР (1953–1959), совпавших с периодом освоения целинных земель, наибольшее значение для понимания генезиса и географии почв среднего Приамурья имели обобщающие работы В.А. Ковды с соавторами, Б.А. Зимовца, Ю.А. Ливеровского, Г.И. Иванова. Они показали, что в Приамурье широко развит и является зональным тип лесных бурозёмов, а для почв с осветленным горизонтом была показана элювиально-глеевая (а не подзолистая) природа как следствие периодического поверхностного избыточного увлажнения почв тяжелого гранулометрического состава [2, 4].

С активной хозяйственной деятельностью человека в юго-западной части низменности (сельскохозяйственное и агромелиоративное освоение, городское строительство) связано антропогенное разнообразие почвенного покрова территории. Последнее возрастает с каждым годом, порождая проблемы теоретического и практического характера в изучении и использовании мелиорированных, агрогенных и урбогенных почв. В связи с новыми задачами землепользования в Приамурье, в т. числе на рассматриваемой территории, необходимостью инвентаризации и кадастровой оценки почвенного покрова важное значение имеет систематизация сведений о современном состоянии почв и их систематика в рамках не только региональных [2, 4], но также российской [1, 3, 5] и международной [7] классификаций.

Целью работы является обзор почв (в рамках современной интерпретации их номенклатурных названий) для юго-западной части Среднеамурской низменности – одного из важных районов территории нового освоения и трансграничного взаимодействия на Дальнем Востоке.

Источниками данных о почвенном покрове территории послужили почвенная карта РСФСР Почвенного института им. В. В. Докучаева масштаба 1:2 500 000 [6] и материалы собственных полевых исследований на территории ЕАО, проводившиеся экспедициями ИВЭП ДВО РАН в разные годы. Использовали немногочисленные сведения о почвах территории, опубликованные в ряде региональных работ. Согласно принципам и структуре субстантивно-генетической классификации почв России [3] центральной единицей почвенной классификации традиционно взят тип почв. Использовались номенклатурные названия основных типов почв в соответствии с Классификацией почв России и Национальным атласом почв России [3, 5]. В ряде случаев для сопоставления разных названий типов почв рассматривали также материалы реестра почвенных ресурсов России [1]. Для каждого типа почв рассмотрели соответствие с названиями референсных почвенных групп Мировой реферативной базы почвенных ресурсов [7].

В предгорном обрамлении юго-западной части Среднеамурской низменности и на останцовых возвышенностях среди равнины (Шуки-Поктой, Чурки, Даур, Ульдура) до абсолютных высот 200–300 м под хвойно- и дубово-широколиственными лесами на рыхлых щебнисто-суглинистых элювиально-делювиальных отложениях главенствующее положение занимают бурые лесные почвы (буроземы). Диагностируются буроземы по верхнему гумусовому гори-

зонту и нижележащему, окрашенному в ярко бурый цвет, структурно-метаморфическому горизонту. Формируются преимущественно в хорошо дренируемых склоновых позициях. Имеют нейтральную или слабокислую реакцию среды. Большое экологическое значение в этих почвах имеет накопление листового опада и лесной подстилки, которые являются материалом для образования гумусовых веществ, средой обитания разнообразной фауны и флоры. Генетическое разнообразие буроземов в этой части низменности связано с формированием типа, имеющего профиль АУ-ВМ-С с преобладанием светлого (гуматно-фульватного) гумуса, и (или) типа с профилем АУ-ВМ-С и гумусом гуматного состава. В пределах этих типов формируются подтипы буроземов типичных (слабонасыщенных) и буроземов глеевых и глееватых с профилем АУ-ВМг-С. Последние формируются в условиях избыточного увлажнения на глинистом делювии и диагностируются по наличию сизых пятен в средней части профиля.

По мере выполаживания склонов в предгорьях на них часто встречаются буроземы с осветленным подгумусовым горизонтом, они в течение многих лет известны как преимущественно подзолисто-буроземные почвы и в меньшей степени как псевдоподзолистые [1, 6]. Их генезис и номенклатура дискутировались на многих региональных конференциях и совещаниях. Согласно С.В. Зонну и А.П. Сапожникову генезису этого типа буроземов (при недоказанности подзолистого процесса в почвах юга Дальнего Востока) наиболее всего отвечает представление о лессиваже – некотором перемещении глинистого вещества вниз по профилю без разрушения минералов. Однако переименование подзолисто-буроземных почв в буроземы лессивированные не вошло в практику. Что касается современного классификационного положения этих почв, то единого подхода нет. В качестве самостоятельного типа подзолисто-буроземные почвы отражены на почвенной карте РСФСР в 1988 г. [6] и внесены в единый государственный реестр почвенных ресурсов России в 2014 г. [1]. Однако в Классификации и диагностике почв России 2004 г. их классификационное положение существенно изменено, они перенесены в другой отдел (надтипковая группа почв) текстурно-дифференцированных почв, а в нем рассматриваются как тип текстурно-метаморфических почв [3, стр. 78].

Говоря о разнообразии буроземов, следует назвать и часто встречающиеся буроземно-дерновые почвы, приуроченные к “олуговелым” участкам дубово-широколиственных лесов на пологих склонах и отчасти к релкам на равнине. Они имеют профиль АУ-ВМ-С. Характеризуются мощным гумусовым горизонтом (до 20 см и более), высокой степенью насыщенности основаниями и гуматным типом гумуса. Под названием “вторично-дерновые” они были выделены на положении рода в классификации почв 1977 г., а в классификации почв России 2004 г. [3] они отчасти могут соответствовать типу “буроземы темные”.

В международной классификации почв [7] буроземы являются центральным типом почвенной группы камбисолей (Cambisols), но соответствуют разным ее модификациям в зависимости от особенностей почвенных процессов – Eutric, Gleyic, Distric. В то же время подзолисто-буроземные (теперь текстурно-метаморфические) почвы сопоставляются с другой группой международной классификации – лювисолями (Eutric Podzoluvisols).

На собственно равнинных пространствах юго-западной части Среднеамурской низменности формируются почвы, совершенно отличающиеся от буроземов по морфологическому облику и свойствам. Основными компонентами почвенного покрова здесь являются почвы повышенного и избыточного увлажнения: глинисто-дифференцированные (лесные и луговые подбелы), разнообраз-

ные луговые глеевые, лугово-болотные и болотные почвы. Все они унаследовали от озерных и озерно-аллювиальных четвертичных отложений тяжелый суглинисто-глинистый состав и плохо проницаемы как для поверхностных, так и для грунтовых вод.

В настоящее время подбелы, согласно классификации почв России [3], входят в отдел текстурно-дифференцированных почв на положении особой группы специфических текстурно-дифференцированных почв, свойственных ареалу хвойно-широколиственных лесов юга Дальнего Востока [3, стр. 62]. Формируются подбелы на суглинисто-глинистых отложениях озерного и озерно-аллювиального генезиса в условиях высокого и контрастного увлажнения. В целом для подбелов характерно присутствие в верхней части профиля осветленного (отбеленного) горизонта серовато-белесого и/или серовато-палевого цвета с многочисленными Fe-Mn конкрециями, а в нижней – плотного иллювиального горизонта, обогащенного илистыми частицами. Еще Ю.А. Ливеровский [4] разделял подбелы на лесные и луговые, обращая внимание на то, что лесные подбелы являются более поздней стадией эволюции луговых подбелов. Позднее В.И. Росликова обосновала схему стадийных рядов развития подбелов в зависимости от их ландшафтной приуроченности. Следует отметить, что в настоящее время в работах некоторых исследователей и в практике хозяйственного использования подбелов до сих пор встречаются их устаревшие названия (буроподзолистые и, даже дерново-подзолистые). Некоторое время они также были известны как бурые отбеленные почвы [2].

Лесные подбелы формируются на исследованной территории под дубовыми и смешанными широколиственными лесами на приподнятых участках низменности, прилегающих к нижним частям пологих склонов низкогорного обрамления и останцовых гор на абсолютных высотах 90–130 м. Диагностируются по резко дифференцированному на горизонты профилю: AUg—AUElnn,g—ELnn,g—ELBTg—BT1g—BT2g—BCg—Cg. Реакция среды обычно слабокислая или нейтральная. Согласно нашим исследованиям, в диагностическом горизонте ELnn,g (а также переходных AUElnn,g и ELBTg) отмечаются элювиальные минимумы ила, валовых оксидов Mn и Fe, поглощенных оснований, обменных калия и фосфора. Резко увеличено содержание минералов с жесткими структурами (кварц, полевые шпаты, неизмененные слюды-гидрослюды), что наряду с невысоким содержанием органического вещества способствует формированию почвенного поглощающего комплекса с низкой емкостью поглощения и низкими запасами питательных элементов. Поэтому в процессе освоения лесных подбелов припашка элювиальных горизонтов способна значительно снижать параметры и без того невысокого потенциального плодородия этих почв. При освоении они не требуют проведения дорогостоящих работ по осушению. Однако большая плотность и низкая водопроницаемость иллювиальной толщи BT1g+BT2g обуславливают необходимость разработки специальной технологии улучшения их агрофизического состояния.

Луговые подбелы рассматриваемой территории сформированы под разнотравно-осоково-вейниковыми кочковатыми лугами на слабоприподнятых с небольшими уклонами участках, в основном на второй озерно-речной террасе Амура (преобладающие абсолютные отметки 65–80 м), где они в зависимости от экологических условий образуют комбинации с луговыми глеевыми и торфянисто-глеевыми почвами. Строение профиля AU—AUel,nn,g—ELnn,g—BELTg—BTg—C. В верхнем горизонте высокое содержание гумуса (до 15 %), осветленный горизонт буровато-палевого цвета, средняя часть профиля имеет характер-

ную рассыпчатую (“икрянистую”) структуру. Характеризуются нейтральной реакцией среды и высокой степенью насыщенности основаниями верхнего горизонта. Потенциальное плодородие луговых подбелов более высокое, по сравнению с лесными, но они требуют осушения открытыми каналами и закрытым дренажом.

Различия морфологических, химических и минералогических характеристик позволяют рассматривать лесные и луговые подбелы как отдельные таксоны в отделе текстурно-дифференцированных почв “Классификации и диагностики почв России”, однако лесные подбелы в нее не включены, а луговым подбелам соответствует тип подбелов темногумусовых глеевых [3]. В международной классификации почв [7] все подбелы без разделения соответствуют группе лувиковых планосолей (Luvicplanosols).

На обширных пространствах плоских водоразделов междуречий рек Самара, Биджан, Бира, Ин, Тунгуска распространены луговые глеевые почвы с профилем АО-G-CG. На них приходится наибольшая доля почвенного фонда юго-западной части Среднеамурской равнины. Луговые глеевые почвы формируются здесь под гигро-мезофитными лугами с господством вейника Лангсдорфа, различных видов осок и влаголюбивого разнотравья Тяжелый гранулометрический состав и сезонное переувлажнение приводят к широкому развитию процессов устойчивого оглеения, сопровождающихся образованием восстановленных форм железа и разрушением (диспергацией) почвенной структуры. Сильное и глубокое промерзание и медленное оттаивание в весенне-летнее время также способствуют переувлажнению почв, сдерживанию в них биохимических процессов и накоплению “грубого гумуса”. Их гумусовый горизонт сильно переплетен корнями трав, образуя плотную дернину, а ниже располагается глеевый горизонт G сизо-охристой окраски и вязкой консистенции. Реакция среды, как правило, кислая. Классификация луговых глеевых почв Среднеамурской низменности не разработана. В то же время они могут различаться по мощности грубогумусового горизонта АО, наличию или отсутствию под ним перегнойного горизонта, степени выраженности признаков глеевого процесса. Почвы устойчивы к водной эрозии. При освоении требуют осушения глубоким дренажом и длительного окультуривания пахотного горизонта. В классификации почв России луговые глеевые почвы могут быть отнесены к отделу глеевых почв, а в нем к типам глееземов, темно-гумусово-глеевых и перегнойно-глеевых почв [3, стр. 130–131]. В классификации почв мира соответствуют группе глейсолей (Gleysols), главным образом модификации Distric.

Наиболее низкие по абсолютным отметкам (30–60 м) части низменности (Ино-Бирский массив) занимают равнинные заболоченные луга, где широко развиты торфянисто-глеевые и торфяно-глеевые лугово-болотные почвы (низинные и переходные), а под листовенными марями – торфяно-болотные (верховые и переходные). Строение профиля T-G-CG, в котором мощность горизонта T составляет 20–30 см в торфянисто-глеевых и 30–50 см в торфяно-глеевых почвах. Мощность торфяной залежи в торфяных болотных почвах обычно более 50 см, но редко достигает 1 м. Как свидетельствуют работы Дальневосточной опытно-мелиоративной станции на Ино-Бирском междуречье (с. Волочаевка Смидовичского района ЕАО) эта группа почв с трудом поддается осушительным мероприятиям. В международной классификации лугово-болотные почвы выделяются как глейсоли (Gleysols), а торфяные болотные как гистосоли (Histosols) в разных модификациях.

В пойме Амура и других крупных рек области формируются разнообразные аллювиальные почвы – примитивные слоистые, хорошо развитые дерновые, луговые и бурые лесные на песчано-галечниковом аллювии. Дерновые и бурые лесные аллювиальные почвы (на “релках”) с хорошо развитым гумусовым горизонтом (до 12 см) считались лучшими для возделывания сельскохозяйственных культур и осваивались в первую очередь. Однако они в общей структуре земельного фонда территории занимают небольшие площади.

Из приведенного обзора основных типов почв юго-западной части Среднеамурской низменности следует, что этой территории свойственно большое типовое разнообразие природных почв. Для предгорного обрамления и горных останцов среди равнины характерны типы и подтипы бурых лесных почв (буроземов). Будучи тесно связанными с флористическим разнообразием, буроземы способствуют устойчивости лесных экосистем. В то же время они уязвимы к водной эрозии и лесным пожарам, поэтому требуют охраны не только самих почв, но и лесных биоценозов в целом.

На выровненных пространствах низменности почвенный покров (на уровне типов) представлен крупными ареалами гидроморфных почв: лесных и луговых подбелов, луговых глеевых, лугово-болотных и болотных почв. Использование под пашню луговых подбелов и луговых глеевых почв требует проведения мелиоративных мероприятий. Осушение этих почв в прежние годы с помощью дренажно-коллекторных систем (междуречья р.р. Солонечная, Вертопрашиха, Листвянка и др.) во многом улучшало их водно-воздушный режим и условия питания возделываемых культур. Однако продуктивно использовать мелиорированные земли в сельском хозяйстве можно лишь при систематическом культур-техническом уходе за сетью каналов и окультуривании почв (увеличении мощности пахотного горизонта, внесении известковых материалов, органических и минеральных удобрений).

Среди антропогенно преобразованных природных почв в юго-западной части Среднеамурской низменности особое значение имеют агро-мелиоративные варианты луговых подбелов и луговых глеевых почв. Осушенные 50 (и даже 60) лет тому назад, они в настоящее время из-за отсутствия агротехнического ухода подвержены постмелиоративной деградации и вторичному заболачиванию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с.
2. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
3. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Ливеровский Ю.А. Почвы / Южная часть Дальнего Востока / общая редакция акад. И.П. Герасимова. М.: Наука, 1969. С. 159–205.
5. Национальный атлас почв Российской Федерации / Под ред. С.А. Шобы. М.: Астрель: АСТ, 2013. 632 с.
6. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2,5 млн. / гл. ред. В.М. Фридланд. ВАСХНИЛ, Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М.: ГУГК СССР, 1988.
7. WRB (2014) World Soil Resources. Report 106. FAO. Rome

---

---

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПИРОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ГЕОСИСТЕМ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ****Мядзелец А.В.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия***MAPPING OF FOREST GEOSYSTEM PYROGENIC DYNAMICS OF THE NORTH-EASTERN SHORE OF LAKE BAIKAL****Myadzelets A.V.***Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

**Abstract.** The work considers the pyrogenic factor influence on the landscapes of the Barguzinskii Ridge. Model areas with natural and disturbed mountain-taiga geosystems are on the territory of the Zabaikalskii National Park and the Barguzinsky Reserve. The research methods are geoinformation analysis, landscape interpretation mapping, field and remote sensing data, traditional comparative geographical analysis. The processes of forest geosystems transformation under the pyrogenic factor are common over a significant part of the territory, but have a different character. In the result maps of general description of the landscape state, geosystem pyrogenic disturbance and forest fires risks are created.

Природные пожары, с одной стороны, являются неконтролируемым процессом горения и стихийным бедствием в природной среде, а с другой стороны, неотъемлемым естественным процессом, который способствует смене сукцессий и трансформации геосистем. Исследования последствий пожаров, их воздействия на ландшафты и отдельные популяции проходят практически на всех поврежденных территориях. Пожары последних лет стали катастрофическими для Байкальского региона в целом и побережья озера Байкал в частности. Начиная с весны 2015 года крупные возгорания были зафиксированы в том числе и на федеральных особо охраняемых природных территориях (ООПТ): в Байкало-Ленском, Байкальском, Баргузинском заповеднике, Забайкальском и Прибайкальском национальных парках и Фролихинском заказнике. Низовые (беглые низовые, устойчивые низовые) и верховые пожары уничтожили часть субальпийских, горно-таежных и прибрежных ландшафтов, нанеся невозвратимый ущерб многим компонентам экосистем. Они затронули не только удаленные территории со слабо нарушенными геосистемами, но и туристические направления и основные экологические тропы, нанеся тем самым ущерб рекреационной деятельности. Таким образом, изучение процессов трансформации лесных геосистем под воздействием пирогенного фактора и картографирование их пирогенной динамики важны как для сохранения и восстановления природных комплексов, так и для решения прикладных задач в области регионального развития.

Территория исследования охватывает высокогорные альпийские, горно-таежные и прибрежные ландшафты Баргузинского хребта, включая полуостров Святой Нос, в границах Забайкальского национального парка и Баргузинского заповедника. Территория представлена рядом ландшафтов, типичных для Восточной Сибири (гольцовые южносибирские, подгольцовые южносибирские, горнотаежные южносибирские, подтаежные южносибирские, пойменные, болотные) [1]. Благодаря современному высокому природоохранному статусу и экстенсивному природопользованию до момента основания данных ООПТ

здесь сохранились коренные растительные сообщества, а воздействие пожаров на них можно считать естественным процессом динамики геосистем. Антропогенный фактор при возникновении лесных пожаров является здесь минимальным в связи с труднодоступностью, эффективными механизмами охраны и введением различных ограничений при посещении данной территории. При этом выявлено, что природные пожары имеют значительное влияние на формирование местных ландшафтов и их компонентов. Верховые и низовые лесные пожары различной интенсивности в 2015 и 2016 гг. уничтожили значительные площади таежных и прибрежных геосистем. Но в настоящее время на примере поврежденных ландшафтов появляется возможность изучить и оценить особенности восстановления геосистем в естественных условиях с минимальным антропогенным воздействием. Таким образом, анализ сукцессионных процессов и этапов восстановления типичных для данной местности ландшафтов способствует выявлению естественных закономерностей динамики лесной растительности, а также влияния пирогенного фактора на сопутствующие сферы, в частности, на организацию охраны природы и развитие экологического туризма.

Для картографирования и анализа пирогенной динамики применялись методы геоинформационного анализа, подходы ландшафтно-интерпретационного картографирования, ботанические (описание флоры и растительности, доминантно-детерминантный подход) и зоологические (учет на постоянных пробных площадях, визуальное и аудио наблюдение) методы, а также классические подходы физико-географических и ландшафтных исследований [2, 3]. Для картографирования типов растительного покрова и его переменных состояний использовались полевые, описательные и сравнительные географические (описания ландшафтов и их компонентов, геоботаническая характеристика территории) методы, а также геоинформационное картографирование с использованием данных дистанционного зондирования (серия космических снимков Landsat за 2009–2018 годы), съемки БПЛА и архивные данные учета лесных пожаров Забайкальского национального парка и Баргузинского заповедника. Создание геоинформационной основы, обработка данных и картографирование выполнялось в программных пакетах ArcGIS (ArcMAP, ArcGIS Pro 1.3, ArcGIS Online).

Для сравнительного анализа проведены комплексные полевые исследования на модельных участках на побережье Баргузинского залива, а также по горному склону и на вершине плато полуострова Святой Нос. На материковой части Баргузинского хребта исследованы модельные участки в бассейнах рек Шумилиха, Таркулик и Давша. Выполнен анализ антропогенного воздействия на рекреационно задействованных участках, геоботанические и ландшафтные описания на послепожарных участках, в том числе потенциально туристических, заложены мониторинговые площади учета послепожарных сукцессии и изменения растительного покрова.

В результате работы создана поведельная геоинформационная основа и структура базы данных в ГИС, которая позволяет ежегодно вносить новую полученную мониторинговую и дополнительную информацию на территорию исследования, а также расширять базу данных на другие территории. С целью дальнейшего отслеживания динамики состояния ландшафтов описаны текущий видовой состав, определено разнообразие и мозаика растительного покрова, стадии нарушенности. Процессы трансформации местных природных систем, вызванные изменением среды под влиянием пирогенного фактора, распространены на значительной части территории исследования. Выявлены гари за различные периоды (свежие, пятилетние с восстановлением пионерной раститель-

---

---

ности, десяти и пятнадцатилетние, а также более старые). Установление точного срока влияния пирогенного фактора и этапа естественного восстановления осложняется тем, что он имеет повторяющийся характер, и нарушенные им ландшафты более подвержены аналогичному воздействию в последующие годы. При этом восстановительные стадии растительной динамики на разных этапах четко прослеживаются. Установлена незначительная разница текущего и эталонного состояния в местах слабого воздействия пирогенного фактора (низовые пожары низкой интенсивности), значительные локальные изменения со сменой состояния в местах обширного площадного воздействия (устойчивые низовые пожары) и значительные, и катастрофические изменения в местах устойчивого и интенсивного воздействия пирогенного фактора (верховые и длительные устойчивые низовые пожары). На ключевые модельные участки составлены карты пирогенной нарушенности геосистем. На основе карты растительности по типам леса выполнена предварительное картографирование анализа рисков возникновения лесных пожаров. На основе выполненного анализа дана общая характеристика состояния ландшафтов с учетом пирогенного фактора.

*Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» (договор № 11/2021-р).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Калихман Т.П., Богданов В.Н., Огородникова Л.Ю. Особо охраняемые природные территории Сибирского федерального округа. Атлас. Иркутск: Институт географии СО РАН; Оттиск, 2012. 386 с.
2. Ландшафтно-интерпретационное картографирование. Новосибирск: Наука, 2005. 422 с.
3. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.

**ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА  
(С УСТОЙЧИВЫМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ ВОЗДУХА ВЫШЕ 5 И 10 °С)  
В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ**

**Носкова Е. В.<sup>1,2</sup>, Вахнина И. Л.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия*

<sup>2</sup>*Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия*

**DURATION OF VEGETATION PERIOD (WITH STABLE AIR TEMPERATURES ABOVE 5 AND 10 °C) IN EASTERN TRANSBAIKALYE**

**Noskova E. V.<sup>1,2</sup>, Vakhnina I. L.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

<sup>2</sup>*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

**Abstract.** The timing and duration of the growing season is a significant factor affecting the sustainability of landscapes and the functioning of a number of sectors of the economy. As part of the work carried out on the geo-administrative regions of ZabUGMS on the territory of Eastern Transbaikalia for the period 1976–2018, revealed a significant increase in the duration of the growing season (with stable air temperatures above 5 and 10 °C). The analysis of the dynamics of the dates of the onset of stable transitions in the spring and autumn periods is carried out.

Современные исследования свидетельствуют об увеличении длительности вегетационного периода в ряде регионов на территории Российской Федерации [1], которое сказывается на экологической устойчивости их ландшафтов и, соответственно, социально и экономически значимых аспектах отраслевой экономики [2, 4]. Под вегетационным периодом понимается период года, в который возможен рост и развитие растений. Он условно определяется временем между устойчивым переходом среднесуточной температуры воздуха весной и осенью через 5 °С, внутри него также выделяют период активной вегетации с температурами воздуха выше 10 °С.

В Восточном Забайкалье природные условия характеризуются разнообразием ландшафтов [5]. Территория представлена в основном таежной, лесостепной и степной зонами. Расчлененность рельефа обуславливает значительную горизонтальную зональность и высокогорную поясность. Климат резкоконтинентальный с продолжительной морозной зимой и теплым коротким летом [3]. Экономическое развитие региона базируется на природно-ресурсной специализации, территория входит в Восточно-Сибирский экономический район. Наиболее развиты горнорудный комплекс, транспорт, сельское и лесное хозяйство.

Расчет дат устойчивых переходов температуры воздуха через 5 и 10 °С и продолжительность периодов с этими значениями температуры выполнен по данным срочных 8-разовых наблюдений за среднесуточной температурой воздуха по 27 метеорологическим станциям ЗабУГМС, расположенным в 6 геоадминистративных районах Забайкальского края, за период с 1976 по 2018 гг. В качестве климатической нормы приняты средние значения за базовый период 1981–2010 гг., рекомендованный Всемирной метеорологической организацией. Линейные тренды многолетних изменений рассчитаны методом наименьших квадратов, их статистическая значимость оценивалась при помощи критерия Стьюдента.

Анализ данных показал, что весенний устойчивый переход через 5 °С в среднем по территории исследования отмечается 2 мая, через 10 °С – 20 мая. Осенью устойчивый переход через 10 и 5 °С приходится в среднем на 8 и 26 сентября соответственно. В это время даты переходов прямо противоположно наступлению весной: как правило, раньше всего тот или иной устойчивый переход через определенную температуру воздуха характерен для высокогорных таежных северных и западных районов, позднее всего – для степных юго-восточных (таблица 1). При этом продолжительность устойчивого периода выше 5 °С в среднем в Восточном Забайкалье составляет 147 дней, изменяясь от наименьших значений в высокогорных северных районах территории исследования (134 дня) до максимальных в степях юго-восточной его части (157 дней). Подобное пространственное распределение характерно и для продолжительности периода с устойчивыми температурами воздуха выше 10 °С, длительность которого в среднем составляет 111 дней.

*Таблица 1.* Средние даты устойчивых переходов среднесуточной температуры воздуха через 5 и 10 °С и продолжительность устойчивых периодов с исследуемой градацией по геоадминистративным районам ЗаБУГМС в среднем за 1976–2018 гг.

Район	Дата перехода весной	Дата перехода осенью	Продолжительность периода, дни	Дата перехода весной	Дата перехода осенью	Продолжительность периода, дни
	5 °С			10 °С		
Западные	3 мая	24 сентября	144	24 мая	4 сентября	103
Центральные	30 апреля	1 октября	154	17 мая	12 сентября	118
Южные	29 апреля	29 сентября	153	18 мая	10 сентября	115
Юго-восточные	27 апреля	1 октября	157	15 мая	14 сентября	122
Восточные	30 апреля	27 сентября	150	17 мая	11 сентября	117
Северные	9 мая	19 сентября	134	27 мая	2 сентября	98

В целом по исследуемой территории за рассматриваемый период весной амплитуда между самой ранней датой устойчивого перехода температуры воздуха через 5 °С и самой поздней в среднем составляет около 30 дней, осенью – 26 дней. Разница между самой ранней датой устойчивого перехода температуры воздуха через 10 °С и самой поздней весной в среднем составляет около 33 дня, осенью – 28 дней.

Следует отметить, что в последние 2 десятилетия фиксировались, как правило, самые ранние весенние и поздние осенние даты переходов как через 5, так и через 10 °С, а в 80-х–90-х гг. прошлого века – самые поздние весенние и ранние осенние.

Средние по территории Восточного Забайкалья даты устойчивых переходов температуры воздуха через 5 и 10 °С за 1976–2018 гг. и их климатические нормы (рис. 1) совпадают. Однако сравнение их средних значений за практически равные интервалы времени (с 1976 по 1997 гг. (22 года) и с 1998 по 2018 гг.

(21 год)) со средними за базовый период показало, что в первый период даты наступления устойчивых переходов наступали в среднем позже весной и раньше осенью на 2–3 дня, а во второй период, наоборот, стали происходить раньше весной и позже осенью в среднем на 2 дня.

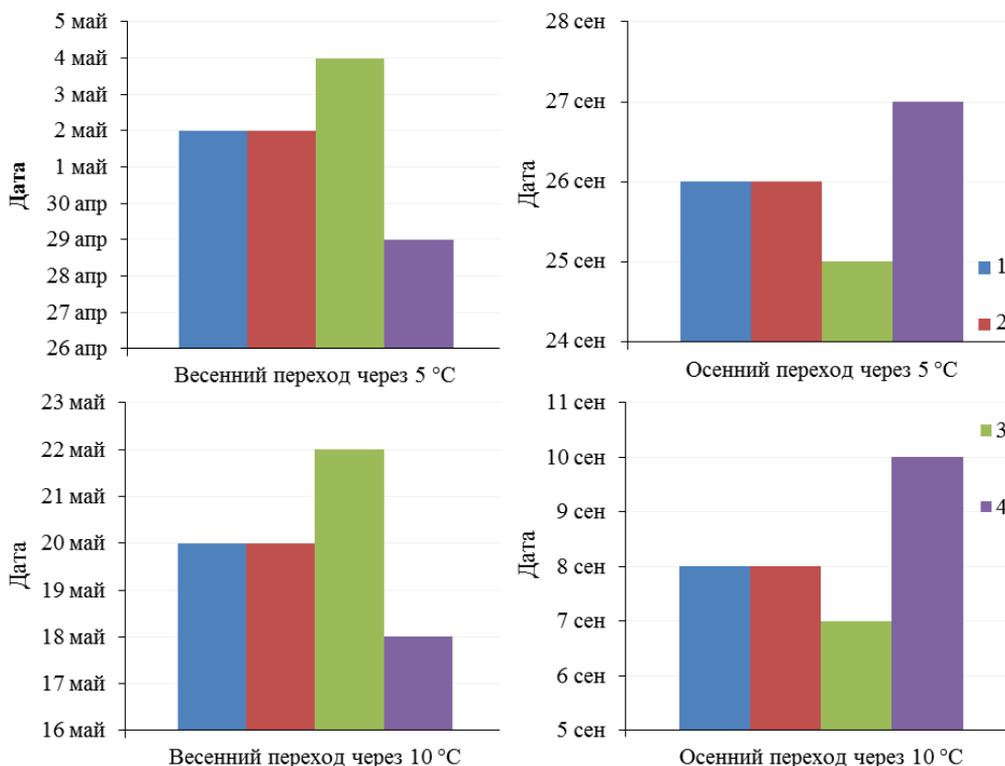


Рис. 1. Средние даты устойчивых переходов температуры воздуха через 5 и 10 °C в Восточном Забайкалье в среднем за 1981–2010 гг. (1), 1976–2018 гг. (2), 1976–1997 гг. (3) и 1998–2018 гг. (4)

Анализ многолетнего хода сроков наступления устойчивых переходов температур воздуха за исследуемый период показал, что в среднем по территории Восточного Забайкалья отмечается более раннее наступление исследуемых периодов весной (рис. 2а) и более позднее осенью (рис. 2б). Соответственно, наблюдается и увеличение их продолжительности.

За 1976–2018 гг. длительность устойчивого периода с температурой выше 5 °C в среднем по региону возросла на 2,7 сут/10 лет (тренд статистически достоверен при 5 %-ном уровне значимости). Наибольшее увеличение при этом характерно для центральных и северных районов, наименьшее – для западных и восточных соответственно. При этом весной устойчивый переход температуры воздуха через 5 °C в среднем по исследуемой территории стал происходить раньше на 2,2 сут/10 лет (тренд статистически значим), осенью – соответственно позже на 0,5 сут/10 лет. Этот тренд статистически недостоверен.

Увеличение продолжительности устойчивого периода с температурой воздуха выше 10 °C в среднем по региону составило 3,1 сут/10 лет (тренд статистически значим). Наибольший рост характерен для южных, центральных и восточных районов, наименьший – для северных районов. Достоверность тренда

не подтверждается только лишь на севере региона. Весенний устойчивый переход температуры воздуха через 10 °С стал происходить в среднем по исследуемому региону раньше на 1,7 сут/10 лет (тренд статистически значим), осенью – позже на 1,4 сут/10 лет (тренд статистически недостоверен при 5 %-ном уровне значимости).

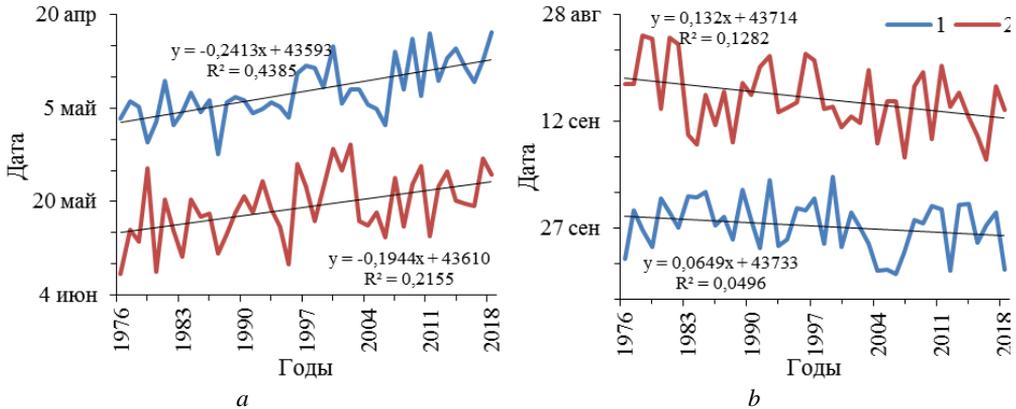


Рис. 2. Динамика дат перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С (1) и 10 °С (2) весной (а) и осенью (б) в среднем по территории Восточного Забайкалья за 1976–2018 гг. и их линейные тренды

Таким образом, в Восточном Забайкалье за период 1976–2018 гг. выявлен рост продолжительности устойчивых периодов с температурами воздуха выше 5 и 10 °С (период вегетации). Это характерно для всей исследуемой территории, однако отмечена его пространственная неоднородность. Увеличение в большей степени обусловлено более ранним наступлением исследуемых периодов весной и более поздним осенью, при этом наибольшие значения трендов дат их наступления отмечены в весенний период.

*Метеорологические данные подготовлены в рамках государственного задания по теме «Механизмы обеспечения экономической устойчивости и экологической безопасности в новой модели развития регионов Востока РФ в условиях трансграничных отношений и глобальных вызовов 21 в.» (№ гос. регистрации 121032200126-б), анализ климатических показателей осуществлен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-14-00028).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва, 2020. 97 стр.
2. Голятина М.А., Вахнина И.Л., Носкова Е.В. Оценка динамики площадей, пройденных пожарами, на территории Забайкальского края в условиях изменения климата по данным ДЗЗ // Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. № 3 (46). С. 126–135. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-3-126-135.
3. Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В. Суммы активных температур воздуха (выше 10 °С) на территории Забайкальского края // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 148–153. DOI: 10.17513/use.
4. Обязов В.А. Адаптация к изменениям климата: региональный подход // География и природные ресурсы. 2010. № 2. С. 34–39.

5. Помазкова, Н. В., Фалейчик Л. М. Ландшафтное разнообразие территории Забайкальского края: количественная оценка // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 9(100). С. 23–36.

**ПОЧВЫ ПАРКОВЫХ ЗОН «ДИНАМО», «ДОМ ОФИЦЕРОВ ФЛОТА»  
ХАБАРОВСКА И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ****Росликова В. И.<sup>1</sup>, Матвеев Т. И.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск,*<sup>2</sup>*ФГБОУВО Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск**roslikova@ivep.as.khb.ru***SOILS OF THE PARK ZONES «DYNAMO»,  
«HOUSES OF THE LEETOFFICERS» OF Khabarovsk,  
THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY AND ECOLOGICAL STATE****Roslikova V. I.<sup>1</sup>, Matveenko T. I.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Institute for Water and Environmental Problems FEB RAS, Khabarovsk,*<sup>2</sup>*FGBOUVO Pacific State University, Khabarovsk**roslikova@ivep.as.khb.ru*

Using the example of the two park zones of Khabarovsk («Dynamo» and «House of Fleet Officers») identified a variety of transformation of soil cover and the formation of new preferential formations located in the same type of engineering and geological conditions, but various versions of anthropogenic effects. The changes in the structure of profiles depending on the position of the soil in the elementary landscape and the systematization is given. The use of bi-indicated methods has shown that the most comfortable areas of the city are also susceptible to pollution with heavy metals. Local zones in parks are in a stressed state. It is proposed as a promising approach to estimate the state of soil cover to use its base characteristics. They clarify the degree of trop formation of their main environmental function (fertility) and make decisions to improve the environment of the territory under study.

Почвы парковых зон являются базовым компонентом урбасистемы, который обеспечивает комфортность экологических условий в городе [1, 2, 4]. Значимость этого объекта в пределах крупного промышленного центра (г. Хабаровск), и его слабая изученность определила постановку следующей цели: оценить состояние трансформированных почв и предпочвенных образований двух парковых зон «Динамо» и «Дом офицеров флота» – («ДФО») расположенных в различных частях города, но в идентичных инженерно-геологических условиях, выявить особенности их биопродуктивности и экологическое состояние.

Анализ морфо-диагностических признаков трансформированных почв и вновь образованных предпочвенных образований, сформированных в однотипных условиях геологической среды, дал основания выделения следующих групп почв:

1. *Буроземы поверхностно трансформированные (разрезы 7, 9, 25). Профиль: О (0–0,5 АУ/В1 (0,5–10 см) – В2 (30–45 см) – С (45–60 см). Они формируются в обеих парках с сохранностью генетического профиля. В аккумулятивном горизонте локально небольшие линзы нижележащего. Линия перехода четкая.*

2. *Буроземы глубоко нарушенные (разрезы 5, 23). Профиль: Ad (0–2 см) – АУ/Ad (2–8 см) – U1 aR (8–20 см) – U2R a B1 (20–32 см) – U3 aR B2 (32–49 см) – С (49–65 см). Урбанизированная толща колеблется в пределах 24–40 см. Она обогащена гнездами песка, осколками стекла, щебня, кирпича, бетона. В обеих группах почв (1, 2) формируется лесная подстилка, дерновый горизонт типичный для буроземов.*

3. Урбаниземы – предпочвенные образования (разрезы 10, 13). Профиль: U1 a3[AY] (0–10 см) – U2 a2 (10–48 см) – C(48–70 см). Их отличает слабая развитость аккумулятивной толщи, мощность урбанизированной составляет 35–48 см. Слои разной степени обогащены включениями различных отходов. Урбастратифицированные (разрезы 11, 12, 13). Профиль: O (0–1 см) – U 1R [A1] (1–12 см) – U2 R (12–25 см) – U3 R [A1] (25–45 см) – C (45–65 см). Для них характерно отсутствие аккумулятивной толщи, перемещенные минеральные слои достигают мощности 45 см.

4. Рудеземы (разрез 6). Профиль: O–0,1 см – Ad (0,1–5 см) – U1R a (5–55 см) – U2r (AY AY)] a2 (55–65 см) – U3R a3 (65–130 см). Это синлитогенные предпочвенные образования на отходах строительного производства. Распространены локально на территории парка «Динамо». Их отличает мощная урбанизированная толща в 130 см.

5. Урбаниземы пирогенные (разрез 24 парк «ДОФ»). Профиль: O (0–0,1 см) – A<sub>pir</sub> (0,1–8 см) – U1[A<sub>pir</sub>] (8–25 см) – U2 a2 (25–59 см) – U3 a3 (59–65 см). В нем пирогенные процессы (A<sub>pir</sub>) охватили толщу до 25 см. Нижние слои в разной степени обогащены антропогенными включениями.

6. Торфянисто-глеевые урбанизированные (разрез 8. парк «Динамо») Профиль: U1Ad/ATa2 (0–19 см) – G U2 a3 (19–35 см). Характерна развитая торфянисто задернованная аккумулятивная толща. Нижние глеевые слои обогащены бытовыми отходами.

В парке «ДОФ» в отличие от парка «Динамо», сложных преобразований почвенного покрова не произошло. Почвы представлены преобразованными буроземами и локально урбаниземами. Одним из характерных признаков трансформации почв урбанизированных ландшафтов является изменение их кислотности. Для почвенного покрова парка «Динамо» основная тенденция изменения этого показателя – смещение его в нейтральную и слабощелочную зону. Преобладают значения в интервале 6,5–7,5. Отличительной особенностью почвенного покрова парка «ДОФ» является смещение этого показателя в сторону слабокислой и кислой реакции pH = 6,1–4,9 (табл.2). Подобные показатели pH свойственны буроземам дальневосточной почвенно-климатической зоны, не подверженной выраженному техногенному воздействию.

С учетом особенностей исследованных почв и предпочвенных образований необходимо было рассмотреть их биологическую активность, которая оценивалась по скорости выделения CO<sub>2</sub>. Заостряя внимание на аккумулятивных горизонтах трансформированных почв парка «Динамо» следует отметить, что наибольшая дыхательная активность характерна для почв сохранивших естественные признаки (буроземы). Кроме того, отмечается тенденция ее увеличения в отдельных горизонтах урбаниземов. Это обусловлено наличием органического вещества, генезис которого не имеет значения (естественный или дополнительно привнесенный) [2]. Самая низкая дыхательная активность присуща урбаниземам стратифицированным, что обусловлено обеднением минеральной толщи органической составляющей (раз. 12,13). В буроземах парка «ДОФ» она лежит в пределах слабых значений, исключая урбанизема пирогенного. В нем дыхательная активность достигает средних значений, что вызвано сдвигом кислотности до слабо - кислой реакции среды, обусловленной процессами пирогенеза. Сложная мозаичность почвенного покрова проявилась и на степени прорастания овса. Тест-функции по показателям роста овса контроля ( $L_K$ ) и опытных ( $L_{OP}$ ) образцов почв свидетельствует о проявлении эффекта торможения (табл.1).

Таблица 1. Влияние почвенного экстракта на длину корней семян овса

№ разре- за/почва	Глубина см	рН	Средняя дли- на корней мм		Фито- эффект $E_T$ , %	Тест-реакция	Прирост длины корней, мм
			$L_K$	$L_{OP}$			
<b>Парк «Динамо»-</b>							
5. Бурозем глубоко трансформи- рованный	0–2	7,7		93	18,6	Норма	+ 7
	8–20	7,1	86	70	39,5	Слабый фитоэф- фект	-16
	20–32	7,0		52	48,8		-34
	32–49	6,9		44			-42
	49–63	6,9		38	55,8	Недопустимая фи- тотоксичность	-52
63–81	6,3		36	58,1	-50		
6. Рудизем	0.1–5	6,4		87	–	Норма	+1
	5–50	6,0	86	70	18,6	Слабый фитоэф- фект	-16
	50–65	6,0		68	20,9		-18
	65–130	5,1		59	31,4	Эффект торможе- ния	-27
7. Бурозем поверхностно трансформи- рованный	0–0,5	6,2		72	16,3	Слабый эффект торможения	-11
	0,5–10	5,9		44	48,8		-42
	10–41	6,1	86	36	58,1		-50
	45–60	6,2		45	47,7		-41
9. Бурозем поверхност- но– транс- формирован- ный	0,5–9	6,4		69	19,8	Слабый Эффект торможе- ния	-17
	9–20	6,2	86	67	22,1		-15
	20–45	5,2		48	44,2		-38
	45–70	5,9		42	51,1		-46
10. Урбани- зем	0–10	7,0	86	89	38,4	Эффекта нет Эф- фект торможения	+3
	10–48	7,1		53			-33
11. Урбани- зем страти- фицирован- ный	1–12	6,3		54	37,2	Эффект торможе- ния	-32
	12–25	6,8	86	44	48,8		-42
25–43	6,8		43	50,0		-43	
12. Урбани- зем оглеен- ный страти- фицирован- ный	0–12	6,9		72	16,3	Слабый фитоэф- фект	-14
	12–45	6,5	86	62	27,9		-24
13. Урбани- зем оглеен- ный	0–0,5					Эффект торможе- ния	
	0,5–21 21–40	7,1	86	79	–		Слабый фитоэф- фект
<b>Парк «Дома офицеров флота»</b>							
23. Бурозем глубоко трансформи- рованный	5(9)–42	4,7	86	104	–	Неблагоприятных действий нет	+18
	0–25	6,3		96			+10
24. Урбани- зем пироген- ный	25–59	6,1	86	103		Неблагоприятных действий нет	+17
	0–25	6,3		96			+10
25. Бурозем поверхност- но– трансформи- рованный	12–27		86	96		Неблагоприятных действий нет	+10

В парке «Динамо» только в 2-х аккумулятивных горизонтах (разрезы 5, 6 – соответственно бурозем и рудизем) длина опытных образцов овса превысила контрольные на 3–7 см. Во всех остальных профилях прирост длины корней полностью отсутствует. Она не достигла величины контроля в пределах от 2 до 52 мм. Согласно сравнительной оценке шкалы биологической активности почв, активность почвенных организмов слабая и только в двух образцах она может быть в определенной степени, оценена как норма. Отличительной особенностью трансформированных почвенных образований парка «ДОФ» является резкое увеличение роста овса  $L_{оп}$  по сравнению  $L_K$  на 10–18 см (табл. 3). Наибольший прирост отмечается в горизонтах с более кислой реакцией среды. Однако в урбаниземе пирогенном при  $pH=6,1$  в парке «ДОФ», превышение роста овса достигает 18 мм, что при подобных  $pH$  в предпочвенных образованиях парка «Динамо» он характеризуется отрицательным результатом. Это свидетельствует об общем загрязнении среды парка «Динамо» [5]. Например, концентрация подвижных форм ртути в аккумулятивных горизонтах превышают их фоновое содержание от 0,9 до 5,4 раз. Наиболее высокое превышение предельно допустимых величин характерно для урбаниземов стратифицированных. В них и активность биоты низкая. Концентрации цинка во всех разрезах превышают ПДК от 1,6 до 6,3 раза. Наибольшие значения цинка проявились в торфянисто-глеевой урбанизированной почве (раз.8). Для свинца также характерно превышение по сравнению с фоном от 1,4 до 9 раз, с наибольшей концентрацией также в торфянисто-глеевой урбанизированной почве (8). Величина превышения ПДК марганца колеблется в пределах 1,1- 4,4 раза с максимальным значением в торфянисто-глеевой урбанизированной.

Полученные результаты свидетельствуют, что для всех исследованных трансформированных почв и предпочвенных образованиях парка «Динамо» прослеживается четкое превышение фонового содержания тяжелых металлов. Особенно значимые величины отмечаются для ртути, цинка и свинца. Буроземы, сохранившие естественные черты, загрязнены в меньшей степени, а урбаниземы стратифицированные и торфянисто-глеевая урбанизированная почва наиболее загрязнены. Транзитно-аккумулятивное и аккумулятивное положение этих образований, обуславливает непрекращающееся накопление в них тяжелых металлов, которые и снижают биопродуктивность почвенного покрова парка «Динамо».

Анализ литературного материала свидетельствует, что почвы парковых зон являются наиболее чистыми, и они могут служить эталонами для урбанизированных ландшафтов [4]. Однако представленные материалы не подтверждают этого. Загрязнение почв парковых зон отмечается и в других регионах. Авторы также отмечают, что чем старше парк, тем загрязнение его больше [3].

Примером сказанного является парк «Динамо», о достаточно высокой степени трансформированности почвенного покрова и загрязнением тяжелыми металлами. Применение биоиндикационных методов подтверждает полученные результаты. Такое состояние парка «Динамо» обусловлено тем, что он располагается в центральной части города и подвергался коренным реконструкциям. Это не могло не оказать влияние на состояние почв.

Не раз проведенные исследования показали, что и наиболее комфортные зоны урбанизированных ландшафтов также подвержены загрязнению. Полученные результаты дали возможность оценить специфику их загрязнения, обусловленного степенью воздействия на объект. Предлагается в качестве перспективного подхода в улучшении среды в исследованиях использовать базовые ха-

---

---

рактические почвы. Они позволят уточнить степень трансформированности основной их экологической функции (плодородия) и принять решения по улучшению среды исследуемой территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева. Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
2. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Почвенный покров ростовской агломерации. Ростов-на-Дону–Таганрог. Изд-во. ЮФУ, 2019. 185 с.
3. Ковязин В.Ф., Усков И.Б., Державин Л.М. Парковые экосистемы Санкт-Петербурга различной степени урбанизации и агрохимические свойства их почв // Агрохимия. 2010. № 3. С. 58–66.
4. Почва, город, экология // Под общей редакцией акад. Г. В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
5. Росликова В.И., Матвеев Т.И. Урбанизированные почвы Приамурья (на примере города Хабаровска) Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2018. 229.

*Секция 4. Научные основы охраны природы и оптимизации особо охраняемых природных территорий*

*Session 4. Scientific bases of nature protection and optimization of specially protected natural areas*

---

---

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ЛАНДШАФТОВ ПРИБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА:  
ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

**Атутова Ж. В.<sup>1</sup>, Ли Цзэхун<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>*Институт географических наук и природных ресурсов Китайской академии наук, Пекин, Китай*

**ECOLOGICAL CONDITIONS OF LANDSCAPES  
OF THE PRIBAIKALSKII NATIONAL PARK: HISTORICAL ASPECT**

**Atutova Zh. V.<sup>1</sup>, Li Zehong<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*V.B. Sochava Institute of Geography of SB RAS, Irkutsk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research CAS, Beijing, China*

**Abstract.** We reviewed the history of economic development of the key research site of the Pribaikalskii National Park. Fluctuation changes in the intensity of their implementation are highlighted, specifically the slowly developing process of economic development due to low population in the second half of the 17<sup>th</sup> century and until the first half of the 20<sup>th</sup> century; expansion of agricultural land and growth of industrial development of forest resources, starting from the middle of the 20<sup>th</sup> century until the end of the 1980s; and a decrease in economic activities since the end of the last century. The valley complexes are at risk of anthropogenic influence effects from the recreational development of coastal areas of Lake Baikal. Taiga landscapes of the upper and middle reaches of the river are at risk of spreading forest fires, which are associated with human activities. Negative consequences from economic activities have been contributing to a significant anthropogenic transformation of landscapes of the Pribaikalskii National Park for a long period.

Прибайкальский национальный парк (ПНП) организован в 1986 г. с целью сохранения биологического и ландшафтного разнообразия западного побережья оз. Байкал. Несмотря на охранный статус, природные комплексы, граничащие с акваторией озера, являются районами с нередко возникающими экологическими кризисами, основным фактором зарождения которых является чрезмерная антропогенная нагрузка. В сложившихся условиях становятся актуальными исследования ландшафтно-экологической направленности, нацеленные на изучение современного состояния природных комплексов и их устойчивости к существующим видам хозяйствования.

В 2020 г. Российским фондом фундаментальных исследований был поддержан российско-китайский проект разработки моделей экологического управления для национальных парков. В Китае наблюдается недостаток исследований для внедрения научной составляющей в систему экологического менеджмента [5]. Работы, проводимые на территории ПНП, дают возможность применения российского опыта в решении вопросов экологического управления парками с акцентом на экологическое образование в условиях возросшей нагрузки постоянно увеличивающегося населения. В рамках данного проекта для понимания механизмов отклика среды в процессе хозяйственного освоения нами проведено хронологическое исследование антропогенных факторов фор-

мирования современных экологических условий функционирования ландшафтов ПНП.

Анализ антропогенного воздействия на ландшафты ПНП представлен на примере бассейна р. Голоустная. Несмотря на то, что ПНП занимает лишь устьевую часть бассейна, нами рассматривается история хозяйственного освоения всей водосборной территории. Это позволит отразить причины трансформации прибрежных ландшафтов, являющиеся своего рода, транзитным ядром при осуществлении ряда производственных мероприятий в течение длительной истории природопользования. В относительно небольших пределах голоустненского побережья оз. Байкал развиты контрастные горно-таежные темнохвойные и светлохвойные, подтаежные светлохвойные и подгорные степные ландшафты. Под влиянием процесса интенсификации природопользования к настоящему времени значительные площади бассейна представлены производными комплексами, снижающими степень биоразнообразия и устойчивости ландшафтов к внешним воздействиям. В контексте вышесказанного предметом нашего изучения выступает история хозяйственного освоения долинных комплексов р. Голоустная.

Для оценки влияния антропогенного воздействия на ландшафты применялся диахронический подход, предполагающий рассмотрение исторических этапов осуществления хозяйственной деятельности в качестве основного фактора формирования современной ландшафтной структуры. В основу нами положен метод историко-географических срезов; выделены периоды хозяйственного освоения, характеризующиеся социально-экономическими особенностями. При исследовании основных этапов заселения и освоения долинных комплексов был применен метод ретроспективного анализа, а также статистический и сравнительно-исторический методы. Основными информационными источниками наряду с современными публикациями историко-географического характера [4] послужили архивные краеведческие материалы конца XIX–начала XX веков [1–3].

Начало активизации антропогенного влияния на природную среду бассейна р. Голоустная связано с приходом русских переселенцев в Восточную Сибирь во второй половине XVII в. Первыми русскими поселениями были обустроенные в устье реки пункты, обслуживающие транзитные перевозки грузов из Иркутска по р. Голоустная через оз. Байкал. Здесь была построена Таможенная застава, недалеко от которой возводились постоянные дворы для путешественников. В начале XVIII в. в 60 км от устья была основана дер. Тарбеева, жители которой занимались отгонно-пастбищным животноводством и подсобными промыслами [4]. По долине реки и ее притокам размещались улусы бурят и эвенков. В этот период основными факторами воздействия на долинные комплексы р. Голоустная являлись вырубка лесов для удовлетворения населения в дровяных и строительных материалах, расчистка лесов под сельскохозяйственные угодья, истощение таежных ресурсов в связи с зарождением и развитием местных промыслов.

Обслуживание грузоперевозок и ведение натурального хозяйства оставались основными занятиями вплоть до начала XX века. Самым крупным населенным пунктом в конце XIX в. являлось с. Бол. Голоустное, жители которого занимались хлебопашеством, скотоводством, рыбной ловлей и звериным промыслом [2]. Вблизи устья р. Нижний Качергат, в устье рч. Илги и в долине р. Зоги находились стойбища тунгусов, которые кроме охоты содержали скот и владели сенокосными угодьями в долинах рек [1–3].

Быстрый рост численности жителей начался с конца XIX века; русское население за два десятилетия на рубеже веков увеличилось вдвое; к 1926 г. здесь проживало более 1 тыс. человек, сформировавших костяк местных жителей [4]. К 1936 г. в с. Бол. Голоустное были созданы промыслово-охотоведческая и промыслово-рыболовная артели, владевшие более 80 га пашенной и свыше 400 га покосной земли. Позднее артели были объединены в колхоз. Хозяйственная специализация района в эти годы носит сельскохозяйственную и промышленную направленности. Влияние их развития выразилось в расширении безлесных территории в долинах и на их пологих склонах в среднем и нижнем течении р. Голоустная в связи с расширением селитебных и пашенных земель, кормовых угодий. Увеличение сети гужевых дорог, связавших населенные пункты района с промысловыми угодьями, так же усилило нагрузку на долинные комплексы, вдоль которых те были проложены.

В середине прошлого века приоритетной отраслью становится лесопромышленная деятельность; в 1949 г. сюда перебазировалось крупное лесозаготовительное предприятие. Село Мал. Голоустное становится центром лесозаготовительной отрасли. Увеличились масштабы транспортировки древесины за счет создания густой сети дорог. Наряду с этим осуществлялись сельскохозяйственная и промышленная виды деятельности для удовлетворения потребностей выросшего числа жителей. Проведение вышеназванных мероприятий в этот период достигло своего максимума, что негативным образом отразилось на ландшафтном преобразовании. Развитие лесной отрасли привело к сокращению лесопокрытой площади водосбора в верхнем и среднем течении р. Голоустная. На месте естественных кедровых и сосновых лесов получили развитие производные хвойно-мелколиственные комплексы. Пожары, увеличению числа которых способствовали лесоразработки, также явились причиной расширения площади вторичных мелколиственных лесов. Лугово-долинные комплексы р. Голоустной в среднем и нижнем течении продолжали испытывать нагрузку со стороны сельскохозяйственных мероприятий.

С увеличением численности населения нередко стали случаи незаконной охоты на диких животных, для предотвращения которой и с целью охраны редких и исчезающих видов животных в 1967 г. в бассейнах рек Верхний и Средний Качергаты (правые притоки р. Голоустная) был организован Качергатский государственный охотничий заказник регионального значения. В 1986 г. нижнее течение р. Голоустная вошло в границы ПНП. С 1987 г. после включения территории в прибрежную защитную зону оз. Байкал рубки главного пользования были запрещены [4]. По мере сокращения объемов лесозаготовок уменьшалась численность населения. Происходила концентрация жителей в с. Мал. Голоустное, как хозяйственном и административном центре, а в пос. Бол. Голоустное число жителей сократилось более чем в 1,7 раза.

В настоящее время функционирование сельскохозяйственной деятельности осуществляется в основном за счет содержания личных подсобных хозяйств. Основные массивы пастбищно-сенокосных угодий расположены в среднем и нижнем течении долины р. Голоустная и ее крупных притоков – Урунтин, Экорлик, Нижний Качергат. С развитием дорожной сети и улучшением покрытия трассы Иркутск – Мал. Голоустное – Бол. Голоустное, проходящей вдоль речных долин, частыми становятся мероприятия по добыче грунтов для ремонта автодорог. Активно развивается рекреационная деятельность; в устьевой части бассейна организованы туристические базы и гостевые дома.

В современных условиях основными экологическими проблемами остаются бесконтрольное посещение таежных массивов с целью сбора дикоросов и связанный с этим риск возникновения пожаров, сброс неочищенных стоков населенными пунктами и транспортными объектами, бытовые отходы, а также неорганизованный и неконтролируемый туризм. Периодически повторяющиеся лесные пожары приводят к повреждению и частичному уничтожению растительности, выгоранию подстилки, повреждению дернины, усилению эрозии на склонах долин в результате вывала деревьев и образованию ветровальных бугров. Происходит захламливание и вытаптывание территории. На пастбищных угодьях в результате перевыпаса отмечается угнетение травяно-кустарникового покрова и изменение его видового разнообразия, нарушается почвенный покров, наблюдается террасирование скотосбойными тропами. В большинстве малых водосборов, пересекаемых дорогами, нарушены процессы водообмена и водного баланса, нарушен режим влагообеспеченности. Функционирование транспортировки по существующим до настоящего времени автозимникам приводит к искусственной мелиорации днищ долин и деградации многолетнемерзлых пород. Ухудшаются условия водообмена, снижаются коллекторные свойства аллювиальных отложений.

Акцентируя внимание на современной экологической ситуации ПНП, выявлено, что устьевой участок бассейна р. Голоустной, соседствующий с акваторией оз. Байкал, является рекреационно привлекательным местом как для однодневного выезда, так и для долгосрочного посещения. При этом неорганизованный и неконтролируемый поток рекреантов вызывает опасность трансформации уникальных, но мало устойчивых к антропогенным нагрузкам ландшафтных комплексов. Основные экологические проблемы здесь – замусоривание территории в сочетании с проблемами складирования и вывоза твердых бытовых отходов, вытаптывание и заезд по бездорожью, хаотичная организация пикникового досуга с разведением костров, повышающая риск возникновения пожаров, отсутствие экологической нравственности. Учитывая рекреационный потенциал ландшафтов, актуальна ориентация природопользования на развитие экотуристической направленности с целью минимизации негативных последствий на природную среду. В рамках устойчивого развития голоусненского побережья перспективна эксплуатация образовательного (просветительского) ресурса природной среды с целью повышения знаний о специфике природных условий, а также для формирования экологического сознания и экологической ответственности. Получению знаний природно-экологической направленности способствует организация пеших маршрутов по обустроенным экологическим тропам, рассматриваемым как одно из основных направлений экотуризма. Предложенные мероприятия применимы для национальных парков Китая со схожими экологическими проблемами.

Проведенный ретроспективный анализ выявил основные экологические проблемы, обусловленные последствиями осуществления производственных мероприятий за более чем 300-летний период. Приняв за начальный этап хозяйственного освоения период заселения края русскими поселенцами в конце XVII в., был рассмотрен хронологический процесс становления и развития производственной деятельности. Стартовый период ее проведения характеризовался минимальным антропогенным прессингом на долинские комплексы р. Голоустная, что было связано с малой заселенностью – немногочисленные поселения с разрабатываемыми земельными угодьями концентрировались в устьевой части реки.

С увеличением видов хозяйственных мероприятий и с повышением производственных объемов произошло усиление процесса антропогенизации и «проникновение» его вглубь бассейна. Долинные комплексы среднего течения реки подверглись воздействию со стороны лесохозяйственной и таежно-промысловой видов деятельности. Своего максимума хозяйственная освоенность достигла во второй половине XX века в связи с началом промышленной эксплуатации лесных ресурсов, что привело к увеличению площадей производных хвойно-мелколиственных и мелколиственных лесов в верхней и средней частях бассейна р. Голоустная.

Современный период природопользования характеризуется снижением масштабов антропогенного преобразования, что связано, в первую очередь, с осуществлением природоохранных мероприятий администрациями Кочергатского государственного охотничьего заказника регионального значения и Прибайкальского национального парка. Тем не менее, устьевая часть реки в настоящее время находится в неблагоприятной зоне воздействий со стороны активно развивающегося рекреационного освоения. Таежные ландшафты верхнего и среднего течения реки подвержены риску распространения лесных пожаров.

Таким образом, воздействие, обусловленное длительным хозяйственным освоением, становится одним из ведущих факторов трансформации ландшафтов. Масштабы и степень антропогенного преобразования долинных комплексов р. Голоустная требуют тщательного анализа для разработки мероприятий по улучшению экологических условий их функционирования. В рамках международного сотрудничества китайскими коллегами рассматривается ориентация природоохранных функций национальных парков на образовательную составляющую с целью повышения уровня экологического поведения населения.

*Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190017-5) и при финансовой поддержке РФФИ и ГФЕН Китая в рамках научного проекта № 20-55-53030 ГФЕН\_а*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патканов С. Опыт географии и статистики тунгусских племен Сибири на основании данных переписи населения 1897 г. и др. источников. Часть I. Тунгусы собственно // Записки Императорского русского географического общества по отделению этнографии. С.-Петербург, 1906. Т. XXXI. Ч. I. Вып. 1. 246 с.
2. Патканов С. Статистические данные, показывающие племенной состав населения Сибири, язык и роды инородцев (на основании данных специальной разработки материала переписи 1897 г.). Том III. Иркутская губ., Забайкальская, Амурская, Якутская, Приморская обл. и о. Сахалин // Записки Императорского русского географического общества по отделению статистики. С.-Петербург, 1912. Т. XI. Вып. 3. 378 с.
3. Семенов П.П., Черский И.Д., Петц Г.Г. Землеведение Азии Карла Риттера. География стран, входящих в состав Азиатской России или пограничных с нею. Восточная Сибирь, озеро Байкал и Прибайкальские страны, Забайкалье и степь Гоби. Часть II. С.-Петербург, 1895. 630 с.
4. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Бассейн р. Голоустной / Антипов А.Н. и др. Иркутск–Ганновер: Изд-во ИГ СО РАН, 1997. 234 с.

5. *Li Z., Ren Y., Li J., Li Y., Rykov P., Chen F., Zhang W.* Land-use/cover change and driving mechanism on the west bank of lake Baikal from 2005 to 2015 – a case study of Irkutsk city // *Sustainability*. 2018. Vol. 10(8). Pp. 2904.

---

---

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ НА ОСТРОВАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Майорова Л.А., Варченко Л.И.

*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия*

## ECOLOGICAL TOURISM ON THE ISLANDS OF PETER THE GREAT BAY (SEA OF JAPAN)

Mayorova L.A., Varchenko L.I.

*Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Russia*

**Abstract:** The article discusses the objects and main approaches of environmental tourism on the islands of Peter the Great Bay (Sea of Japan). Ecological tourism means travel among the nature. The accelerated pace of socio-economic development of the region, strengthening cooperation with the countries of the Asia-Pacific region, the annual holding of economic summits in Vladivostok makes the development of the tourism industry of Primorsky Krai a promising direction for the development of the economy.

В связи с активным социально-экономическим развитием Приморского края, усилением сотрудничества со странами Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) и ежегодным проведением экономических саммитов во Владивостоке развитие туристической индустрии может стать одним из направлений развития экономики, которое повлечет за собой развитие социальной инфраструктуры края и другие социальные изменения. В условиях современности, при пандемии экологические туры предлагаются отдыхающим как альтернатива традиционным дальним путешествиям в зарубежные страны. Но, при этом устаревшая инфраструктура размещения объектов туристической индустрии, недостаточное количество туров и экскурсий, слабое знание уникальной природы нашего края тормозит развития туризма в Приморье.

По определению Б.А. Воронова, термин «экологический туризм» означает путешествие среди природы и отражает идею гармонии рекреации и экологии. Путешествие в природу рассматривается им, как сочетание рекреации с бережным отношением к ней, позволяющее объединить радость знакомства с флорой и фауной с возможностью их защиты [3].

По преобладанию цели путешествия (отдых или получение определенных знаний) выделяются три основных вида экологического туризма: научный, познавательный, рекреационный. Научный туризм позволяет получать информацию о малоизученных районах и явлениях, необходимую как для науки, так и для эффективного планирования развития самого экологического туризма. Познавательный туризм рассматривает отдельные, наиболее интересные для туристов биологические виды и достопримечательности неживой природы. Объектами экологического туризма могут являться экзотические растительные сообщества, биоценозы, уникальные малонарушенные ландшафты.

Цель наших исследований – показать уникальность островных экосистем залива Петра Великого и прилегающих акваторий Японского моря и возможность развития на данной территории рекреации и экологического туризма с целью наблюдения, изучения и охраны редких видов растений, животных, памятников природы; обосновать важность развития всех видов экологического туризма для сохранения природы на островах, выделения и обустройства особо

охраняемых природных территорий, организации экологических троп, видовых площадок, маршрутов передвижения рекреантов с учетом рекреационной ёмкости посещаемых ландшафтов.

Залив Петра Великого – самый большой залив Японского моря у берегов России. Расположен на юге Приморского края, между мысом Поворотный на востоке и устьем реки Туманной на западе. Площадь залива – 55600 км<sup>2</sup>. Протяженность береговой линии, включая острова, около 1700 км. Продолжением полуострова Муравьева-Амурского являются крупные о-ва: Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда, архипелаг Римского-Корсакова. На западе залива выделяется о-в Фуругельма, а на востоке – о-ва Аскольд и Путятина. В залив впадают несколько крупных рек и много мелких речек. Устьевые части многих рек в недавнем геологическом прошлом были затоплены морем, в результате чего здесь образовалось несколько заливов второго порядка – Амурский, Уссурийский, Восток, Америка, Посыета.



Рис. 1. Карта-схема залива Петра Великого

Большие и малые острова залива и островные территории города Владивостока (о-ва Русский, Попова, Рейнеке), прилегающие акватории Японского моря – своеобразная система природных комплексов, в мире нигде более не встречающихся и обладающих неповторимой по красоте природой с благоприятным климатом. Песчаные пляжи и удивительное по красоте побережье, удобные бухты и заливы являются хорошим приложением к природно-климатическим особенностям островов [1].

Для проведения различных видов экологического туризма нами были рассмотрены самые большие острова залива Петра Великого: Русский и Путятина. В работе использовались сравнительно-географический и ландшафтный методы, рассматривались утвержденные и подлежащие к утверждению особо охраняемые природные территории (ООПТ), биоразнообразие растительного покрова, объекты неживой природы, нормативные документы, а также литературные данные и полевые геоботанические описания растительности.

**Остров Русский** (площадь 14 тыс. га, наибольшая высота гор около 300 м над ур. моря) относится к Владивостокскому городскому округу. Сочетание равнинного и горного рельефа делает возможным сохранение дикой природы в непосредственной близости от города. Обилие солнца и тепла, морская вода, обширные пляжи создают благоприятные условия для строительства инновационно-развлекательных центров, туристических баз и массовой рекреации не только местных жителей, но и многочисленных туристов из других регионов России и стран АТР.

Современная изученность ландшафтов, растительного и животного мира о-ва Русский довольно высока. Флора включает 859 видов из 123 семейств. Краснокнижных сосудистых растений, подлежащих охране, более 30 видов [2]. В настоящее время, лесная растительность на острове Русский и прилегающих малых островах преимущественно дубравная, с калопанаксом, видами вишни, лип амурской, маньчжурской, монгольской, ясеня маньчжурского и горного, орехом маньчжурским, лианами и обилием граба. Широко представлены дубовые и липовые леса, леса из ясеня маньчжурского, бархата амурского и граба сердцелистного [5].

Другим важным аспектом развития экологического туризма на о-ве Русский является историко-краеведческий туризм. В начале XX века Владивостокская крепость, сооружения которой располагаются и на острове, включала 3 форта, 9 полевых укреплений, 20 сухопутных и 23 береговых батарей. В настоящее время эти исторические объекты пользуются большой популярностью у туристов, особенно у школьников.

На о-ве Русский департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды Приморского края утверждены всего 3 памятника природы регионального значения – геологические разрезы площадью 4,65 га. Самый крупный "Геологический разрез Тобизинский" в своих обнажениях демонстрирует отпечатки древних раковин аммонитов и двустворчатых моллюсков. Здесь запрещена добыча полезных ископаемых, выжигание растительности, загрязнение и захламливание территории.

До сих пор на острове государственными властями не утверждены ботанические памятники природы, предложенные выдающимся ботаником-экологом В.П. Селедцом [5]: «Десмодиум» – дубовые рощи в окрестностях пос. Экипажный, где произрастает десмодиум Оулдхема, редкий и исчезающий вид, занесенный в Красную книгу; «Рында» – прибрежно-морские сообщества, опушки дубового леса с шиповником морщинистым, рощи ольхи японской с симплокарпусом вонючим; «Елена» или «Земля связистов» – ясенево-липово-грушевый лес (северный склон о-ва Елены). Здесь растут овсяница овечья, лилия поникающая, берёза Шмидта и др. редкие виды. Остров Елены – единственная территория на о-ве Русский, где постановлением администрации г. Владивостока выделена небольшая зона под парки, сады, дендрарии. Прошло уже довольно много времени, но обустройство территории ещё не началось, хотя на острове Елены турфирмы уже успешно проводят однодневные экологические экскурсии.

О-в Русский относился к природоохранной зоне со средней степенью остроты проблем охраны флоры и фауны. Из всех категорий «особоохраняемых природных территорий» (ООПТ), именно памятники природы представляют особую значимость для рекреации. Они не отчуждаются от природопользования, и в большинстве своём предназначены не только для сохранения биоразно-

образия, но и для просветительских целей, экологических экскурсий и экологического туризма.

**Остров Путятина** находится в заливе Стрелок и отделен от материка небольшим проливом (1,5 км). Площадь острова около 30 км<sup>2</sup>. В летнее время он привлекает туристов необыкновенными пейзажами, чистым и тёплым морем, своеобразными ландшафтами, обилием грибов и лекарственных растений. На острове рядом с поселком Путятин находится знаменитое озеро Гусиное, где растёт лотос Комарова, занесённый в Красную книгу России. 20 лет назад все мелководье озера было покрыто сплошным ковром из лотоса, а сейчас из-за негативного влияния человека, площадь произрастания лотоса значительно сократилась. Цветение лотоса можно наблюдать в конце июля–августе.

На острове известны семь памятников природы: 1) Озеро Гусиное – памятник природы регионального значения, где растёт лотос Комарова; 2) Кекуры Пять пальцев – своими очертаниями напоминают пять пальцев одной руки; 3) Камни Унковского, которые облюбовали нерпы; 4) Скала Ирецкого; 5) Подводный грот у мыса Шулепникова; 6) Скала Петух; 7) Скала Слон. Отдых и экологический туризм на о-ве Путятин интересен любителям пеших прогулок, горных восхождений, которые по силам даже начинающим покорителям высот. Популярен среди любителей подъем на гору Старцева, что на севере острова, осмотр кекуров Пять пальцев, скал Петух и Слон.

Туристических баз на о-ве Путятин нет, но организаторы палаточного гонда, разбитого недалеко от поселка, всегда предлагают услуги по питанию и экскурсиям на озеро Гусиное, восхождение на гору Старцева, морские прогулки по акватории. Для уединенного отдыха можно выбрать любую из 13 бухт острова (бухта Слона, Петуха, Черепахи, Мраморная), которые очень красивы и подходит для палаточных стоянок. Бывалые туристы всегда отмечают красоту бухты Мраморной, берег которой усыпан разноцветными камнями.

Остров Путятина пользуется популярностью у туристов, которые при первой же возможности стараются посетить этот прекрасный уголок Приморья. Население поселка Путятин около 700 человек и постоянно сокращается. На острове имеется магазин и школа, где действует музей. Доступ на о-в Путятин не ограничен. Между островом Путятина и посёлком Дунай, который располагается на материке существует регулярная круглогодичная паромная переправа.

Экологический туризм представляет собой развивающееся направление в индустрии туризма. Его задачей является стремление организовать экономически выгодную активную форму рекреации, при минимальном изменении окружающей среды. В последние годы все виды экологического туризма широко используются в культурно-просветительской и природоохранной работе заповедников и национальных парков Приморского края.

Эффективное использование рекреационных ресурсов островов залива Петра Великого возможно только после всестороннего изучения рекреационного потенциала территории и разработки схемы развития и размещения объектов туризма и отдыха с учетом социальных, природно-экологических и экономических аспектов. Выделение охранных зон и предложенных ботанических памятников природы на больших и малых островах залива Петра Великого, закладка экологических троп и туристических маршрутов должно быть проведено незамедлительно и направлено на культурное и природоохранное образование туристов, а также на финансовую поддержку защиты окружающей среды в этих уникальных экосистемах. Другим важным вопросом развития экологического и историко-краеведческого туризма в прибрежно-морской зоне является органи-

зация эколого-познавательных экскурсий для школьников как будущих экологически образованных потребителей туристских услуг. С развитием марикультуры в прилегающих к городу Владивостоку заливах и на островах, широкое распространение должен получить кулинарно-гастрономический туризм с организацией кафе и ресторанов морских деликатесов, выездных гастрономических туров и фестивалей.

Анализ местных экологических туров показывает, что примерно 2/3 всех турпотоков в Приморском крае, в летнее время осуществляются на побережье и островах Японского моря. При этом, за последние годы антропогенная и рекреационная нагрузка на экосистемы островов залива Петра Великого резко возросла. В связи с этим, сохранение рекреационного потенциала территорий, биоразнообразия растительности, животного мира является насущным вопросом, которым должны заниматься не только экологи, но и государственные власти.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Майорова Л.А., Варченко Л.И. О сохранении природно-рекреационного потенциала и биоразнообразия растительного покрова острова Русский // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории. Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2019. С. 263–268.

2. Недолужко В.А., Денисов Н.И. Флора сосудистых растений острова Русский (залив Петра Великого в Японском море). Владивосток: Дальнаука, 2001. 98 с.

3. Разработка и описание экотуристических маршрутов: метод. рекомендации / Б.А. Воронов, С.Д. Шлотгауэр, В.М. Сапаев [и др.]. Хабаровск: МАНТ ДВ, 2000. С. 234–239.

4. Селедец В.П. Растительный покров памятников природы на островах залива Петра Великого (Приморский край) // Биологические исследования на островах Северной части Тихого океана. Владивосток, 2000 а. С. 1–71.

5. Урусов В.М. Экологу о природном комплексе района Владивостока. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2002а. 86 с.

**ЗООБЕНТОС РЕКИ АСКАН  
(ЗАКАЗНИК «АИСТИНЫЙ», ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)  
Яворская Н.М.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

<sup>2</sup>*ФГБУ «Заповедное Приамурье», Хабаровск, Россия*

**ZOOBENTHOS OF THE ASKAN RIVER  
(AISTINY RESERVE, KHABAROVSK TERRITORY)  
Yavorskaya N.M.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

<sup>2</sup>*The joint directorate of state natural reserves and national parks of the Khabarovsk Territory «Zapovednoye Priamurye», Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The first data on the structure of communities of benthic invertebrates and quantitative indicators of the zoobenthos of the Askan River are presented (Aistin Reserve, Khabarovsk Territory). The assessment of water quality in the Askan River on biological indicators was carried out.

Государственный природный заказник краевого значения «Аистиный» площадью 19130 га создан на основании Постановления Правительства Хабаровского края от 5 апреля 2010 г. № 85-пр. в междуречье Хор–Подхоренок на территории Вяземского и им. Лазо районов Хабаровского края. Заказник предназначен для сохранения и восстановления популяции дальневосточного аиста, других редких и исчезающих видов животных и растений, природных комплексов [3].

Впервые идея о необходимости организации ООПТ в междуречье Хор–Подхоренок была высказана С.Г. Сурмачем и Ю.В. Шибаевым после проведенного в 2000 г. учета гнезд дальневосточного аиста в российской части бассейна р. Уссури. Тогда в бассейнах рек Подхоренок и Аскан была выявлена территория, выделяющаяся повышенной плотностью гнездования аиста – в пределах будущего заказника было обнаружено 12 жилых гнезд. В 2010 г. специалистами Хабаровского филиала ВНИИОЗ было подготовлено обоснование для организации заказника краевого значения «Аистиный» [3].

Основой кормовой базы многих видов позвоночных являются беспозвоночные, выполняющие значимую роль в пищевых сетях [5]. Донные беспозвоночные являются важным элементом водных экосистем. Они выполняют функцию трансформации органического вещества в системе «толща воды – донные отложения», что обуславливает их важную роль в самоочищении водных объектов [1].

Цель работы – определение экологического состояния р. Аскан по составу и структуре донных беспозвоночных, являющихся основным кормовым объектом для бентосоядных рыб и их молоди.

Количественные пробы зообентоса отбирали 13 июля 2018 г. в р. Аскан с помощью складного бентометра В.Я. Леванидова с площадью захвата 0,063 м<sup>2</sup> на перекате и плесе с глубины 10–20 см. Река Аскан (Оскан) впадает с левого берега в р. Хор (р. Амур) в 30 км от устья. Длина водотока 22 км. Площадь водосбора 98,5 км<sup>2</sup>. Река имеет два притока, общая протяженность которых составляет 8 км. На водосборе находятся шесть озер водосборной площадью 0,88 км<sup>2</sup> [4]. Грунт дна представлен камнями, галькой, песком. Температура воды составила 25,5 °С. Одновременно выполнялся сбор качественных проб зообен-

тоса и лов имаго амфибиотических насекомых. Собранные количественные пробы фиксировали 4%-ным раствором формальдегида, качественные и имагинальные – 75–96%-ным раствором этилового спирта и обрабатывали по общепринятой методике [2].

При определении структуры сообществ использовали классификацию А.М. Чельцова–Бебутова в модификации В.Я. Леванидова, по которой доминанты от общей плотности или биомассы составляют 15% и более. Качество вод оценивали по индексу Гуднайта и Уитли и биотическому индексу Вудивисса [2].

Бентосное сообщество р. Аскан представлено 14 группами организмов (табл. 1).

Таблица 1. Структурные характеристики сообщества зообентоса р. Аскан

Группы	Плотность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
Tricladida	16	<0,1
Oligochaeta	5616	1,4
Nematoda	144	<0,1
Hirudinea	208	2,1
Hydrachnidae	16	<0,1
Amphipoda	144	0,6
Asellidae	1360	0,8
Odonata	80	0,1
Ephemeroptera	272	0,1
Trichoptera	848	3,0
Chironomidae	11808	2,4
Ceratopogonidae	16	<0,1
Diptera indet.	16	<0,1
Mollusca	1776	23,1
Всего	22320	33,6

Кроме этого, в пробах встречались имаго мошек, шкурки личинок хирономид, зоопланктон и креветки.

По плотности доминировали хирономиды (52,9 %) и олигохеты (25,2%), по биомассе – моллюски (68,8%). В разряд субдоминантов по плотности вошли водяные ослики и моллюски, по биомассе – хирономиды, ручейники и пиявки. Категорию второстепенных видов по плотности представляли поденки и ручейники, по биомассе – амфиподы, водяные ослики и олигохеты. Средние значения плотности составили  $744 \pm 262$  экз./м<sup>2</sup>, биомассы –  $1,1 \pm 0,7$  г/м<sup>2</sup>.

По биотическому индексу Вудивисса (8 баллов) и индексу Гуднайта и Уитлея (26%) воды р. Аскан соответствовали II классу качества («чистая»), зона олигосапробная. Река находится в хорошем состоянии.

Таким образом, впервые полученный фактический материал является основой для организации мониторинговых работ за изменением зообентоса.

*Автор благодарен к.б.н. Р.С. Андроновой (ФГБУ «Заповедное Приамурье») за организацию экспедиционных работ на территорию заказника «Аистиный».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безматерных Д.М. Зообентос равнинных притоков Верхней Оби. Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 2008. 186 с.

---

2. Вишкова Т.С., Иваненко Н.В., Якименко Л.В., Дроздов К.А. Введение в биомониторинг пресных вод. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. 240 с.

3. Пронкевич В.В., Антонов А.Л., Олейников А.Ю., Воронов Б.А. Численность дальневосточного аиста *Ciconia boyciana* Swinhoe, 1873 и мероприятия по повышению его продуктивности в заказнике «Аистиный» (Хабаровский край) в 2011 году // Амурский зоологический журнал. 2014. VI(1). 88–91.

4. Ресурсы поверхностных вод. Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 1. Амур. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1966. 487 с.

5. Яворская Н.М. Зообентос водоемов и водотоков заповедника «Болоньский» (Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука 2020. 5(2). С. 64–79. [dx.doi.org/10.24189/ncr.2020.017](https://doi.org/10.24189/ncr.2020.017)

*Секция 5. Устойчивое развитие городов*

*Session 5. Sustainable urban development*

## ЗНАЧЕНИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ГОРОДОВ

Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д.

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия*

## MEANING OF PROTECTED AREAS IN ECOLOGICALLY SUSTAINABLE CITY DEVELOPMENT

Morozova G. Yu., Debelaya I.D.

*Institute for Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The total square of Khabarovsk' protected areas are 583.7 ha, of which 5 are of regional significance (210.7 ha) and 24 – of local significance (373.0 ha). The protected areas are represented by seven categories: natural monument, park-area, recreation area, protected natural object, public garden and natural recreational complex. The functioning features of the areas are characterized by high natural and anthropogenic risks, unfavorable ecological environment, and multifunctional use. The dendroflora of all protected areas includes 59 species of trees and 58 species of shrubs. The diversity level of plants for each object is low and it varies from a low level – 25–48 to a high level – 231 species.

Организация сети ООПТ в городах представляют интерес для российских и зарубежных исследователей [2, 3, 4]. В настоящее время наименее разработаны теоретические и методические подходы организации ООПТ местного уровня, что обусловлено рядом объективных причин. В целом процесс формирования сети ООПТ в городах обусловлен проявлением административной инициативы, а также активизацией хозяйственной деятельности, формированием неблагоприятного экологического состояния территории, изменением институциональных условий.

ООПТ служат основными элементами зеленой инфраструктуры, центрами сохранения биоразнообразия и предоставления населению экосистемных услуг [2], формируют экологический каркас города. Функционирование городских ООПТ в условиях высоких природных и антропогенных рисков, тесного контакта с застройкой, инженерно-транспортной инфраструктурой крайне осложнено. Они принадлежат к системе озеленения городов, являются частью историко-архитектурного ландшафта, основой для спортивно-оздоровительной, туристической и культурно-просветительской деятельности. Несмотря на многофункциональное использование ООПТ, природоохранная функция является приоритетной и, прежде всего, это сохранение биоразнообразия, регулирование микроклимата, охрана почвенного покрова и др. Сохранение биологического разнообразия становится все более важным в подходах, направленных на повышение устойчивости городских экосистем.

На муниципальном уровне разрабатывается система мероприятий, обеспечивающая устойчивое развитие городской территории, в том числе на базе создания сети ООПТ. Юридический статус ООПТ защищает неприкосновенность этих земель экологического назначения, способных оказать широкий спектр экосистемных услуг, и повысить их экономическую ценность. На ООПТ в городах охраняются не только уникальные экосистемы, но и эталоны типичных природных региональных комплексов. Под охраняемые объекты отводят в первую очередь городские земли, не утратившие экологическую ценность, а

также нарушенные или техногенные участки перспективные для их экологической реставрации.

Проблемы функционирования ООПТ местного значения в городах ДФО недостаточно изучены. Для них отсутствуют ландшафтные и тематические крупномасштабные карты, инновационные проекты развития, позволяющие объективно отразить современное экологическое состояние территории, служить основой для мониторинга, встраивать их деятельность в социально-экономическое развитие города. В работе представлены материалы многолетних геоботанических исследований с использованием маршрутно-флористического описания, данные инвентаризации городских насаждений 2002–2020 гг., выполненные сотрудниками ИВЭП ДВО РАН. Изучена видовая структура растительных сообществ ООПТ местного значения, определено относительное жизненное состояние древостоев [1]. Цель исследований: определение роли ООПТ в экологически устойчивом развитии городов на примере Хабаровска.

Доля ООПТ в общей площади города – один из показателей его направленности к устойчивому развитию [5]. Прямое сравнение категорий ООПТ в разных городах не целесообразно из-за различий природных условий, длительности освоения территории, уровня социально-экономического развития, культурно-исторических традиций и др. Анализируя сеть ООПТ в городах лесной зоны, можно отметить, что в Екатеринбурге все ООПТ занимают 17,0 % от площади города [4]. В Перми, территория которой осваивается более 300 лет, сохранены ландшафты с уникальными городскими лесами (эталонны широколиственно-елово-пихтовых лесов Пермской области). Доля ООПТ в общей площади города в 2017 г. составила 13,6 %, к 2019 г. планировалось ее увеличение до 15,9 %. Процент крупных массивов ООПТ с сохранением естественных ландшафтов здесь также высок, в 2017 г. он составил 98,8 %. В Хабаровске, несмотря на 163-летний период заселения и освоения его территории, только 11 ООПТ местного значения организованы на участках природных ландшафтов разной степени трансформации.

Современный Хабаровск – административно-политический, транспортно-логистический, образовательный, культурный, спортивный и туристический центр российского Дальнего Востока. Город расположен в зоне смешанных хвойно-широколиственных лесов. Изначально городская растительность была представлена островными мелколиственными лесами, маревыми лиственничниками и заболоченными лугами. Хвойно-широколиственные леса произрастали в предгорьях хребта Большой Хехцир, на Воронежских высотах, на высоком правом берегу Амура. Формирование зеленого фонда Хабаровска прошло традиционный путь стремительно развивающихся дальневосточных поселений: от почти повсеместного уничтожения коренного почвенно-растительного покрова до осознания необходимости сохранения фрагментов природных ландшафтов.

Согласно государственному реестру ООПТ, в Хабаровске, насчитывается 29 ООПТ общей площадью 583,7 га, из них 5 ООПТ краевого значения занимают площадь в 210,7 га; 24 ООПТ местного значения – 373,0 га. Городские ООПТ организованы для охраны ландшафтного и биологического разнообразия; формирования зеленой инфраструктуры; поддержания экологического равновесия территории; создания комфортной среды; организации мониторинга городской среды; изучения процессов в урбосистемах; развития экологического образования и просвещения; активизации спортивно-оздоровительной деятельности и туризма. Кроме того, ООПТ «Питомник декоративных культур» (117,1

га) включен в природно-аграрный комплекс города. По классификации Международного союза охраны природы (МСОП), ООПТ местного значения относятся к VI категории – охраняемая территория с устойчивым использованием природных ресурсов. Сеть ООПТ местного значения Хабаровска сформирована из 24 объектов с регламентированным режимом их охраны и использования.

Большой спектр категорий ООПТ служит инструментом эколого-ориентированного территориального планирования и улучшения экологической ситуации в городах. Географические особенности, характер градостроительного и хозяйственного освоения Хабаровска, экологическое состояние территории определили специфику типологии ООПТ местного значения, с выделением 4 индивидуальных категорий: парковая зона, питомник, природный рекреационный комплекс, сквер.

Анализ репрезентативности системы ООПТ местного значения показал, что охраняются в основном лесные типы экосистем. Увеличение площади города за счет включения в его границы российской части о-ва Большой Уссурийский и малых островов позволит создать охраняемые водные, лугово-болотные комплексы в соответствии с пространственной представительностью региональных природных экосистем. В 2015 г. в сеть ООПТ местного значения включен охраняемый объект общей площадью 23,9 га, расположенный вблизи дачного массива «Пчелка», позволяющий сохранить разнообразие водно-болотных видов.

Неравномерный характер распределения ООПТ местного значения по районам Хабаровска обусловлен исторически сложившимися условиями градостроительства. Размер охраняемых объектов варьирует от 0,4 (сквер у памятника погибшим воинам-арсенальцам) до 117,1 га (Питомник декоративных культур). В сети ООПТ Хабаровска связующими элементами выступают долины Амура и малых рек города, открытые пространства, внутриквартальное и линейное озеленение инженерно-транспортной инфраструктуры. Незначительная общая площадь охраняемых природных объектов не позволяет им в полной мере выполнять природоохранные функции. В Хабаровске из 24 ООПТ местного значения площадь 21 – не превышает 25 га, несмотря на расположение города на высоком берегу и островах р. Амур, отсутствуют значительные по площади прибрежные рекреационные зоны. Ориентация на устойчивое развитие города диктует необходимость увеличения площади охраняемых земель, что актуально для городов лесной зоны.

В отсутствие городских лесов на территории Хабаровска в сеть ООПТ местного значения включены фрагменты сохранившейся естественной растительности, участки с искусственными посадками. Уникальные природные ландшафты сохранились в пойме Амура на ООПТ «Парковая зона детского санатория «Амурский», организованной в 1937 г. Коренная растительность здесь представлена смешанными дубняками с типичным набором дальневосточных лесных кустарников и трав, ясеневниками, смешанными осинниками и ясеневильмовыми древостоями. Естественные сообщества в сочетании с посадками хвойных растений и участками заброшенных фруктовых садов формируют комфортную среду не только для реабилитации пациентов санатория, но и горожан. Сочетание естественных фитоценозов и искусственных растительных группировок с относительно высоким уровнем биоразнообразия отмечено в парковой зоне детского санатория «Амурский». Выделение земель под детский противотуберкулезный диспансер в 1927 г. способствовало сохранению на площади 7,2 га смешанных дубняков и ильмово-ясеневых сообществ, являющихся эталонами широколиственных и смешанных лесов Приамурья. Несмотря

на высокий уровень антропогенной нагрузки в пределах этих двух ООПТ сохранились фитоценозы с многоярусной структурой, разнообразным набором подпологовых синузид и благонадежным подростом аборигенных древесных видов.

В фитоценозах парковых зон в центре города, скверах, природных рекреационных комплексах распространены неустойчивые деградированные сообщества. В составе дендрофлоры всех ООПТ местного значения города отмечено 59 видов древесных и 58 видов кустарников и лиан, что приближается к показателю природного биоразнообразия, так как аборигенная лесная растительность окрестностей Хабаровска насчитывает 130 видов. Распространенными породами являются *Fraxinus mandshurica* Rupr., *Populus nigra* L., *Betula platyphylla* Sukaczew. В парковых зонах и скверах высока доля интродуцентов (*Populus Simonii* Cartiere, *Ulmus pumila* L., *Populus balsamifera* L., *Populus nigra* L., *Ulmus laevis* L. и *Morus alba* L. и др.). Разнообразие растений на каждой охраняемой территории невелико и варьирует от низкого уровня – 25-48 видов (скверы) до относительно высокого – 231 вида (парковые зоны, природные рекреационные комплексы). Для парков характерен богатый видовой состав с ценными хвойными и лиственными породами: *Pinus koraiensis* Sibold. & Zucc., *Tillia amurensis* Rupr., *Betula dahurica* Pall., *Quercus mongolica* Fisch. ex Lebed., *Juglans mandshurica* Maxim., *Tillia mandshurica* Rupr. & Maxim. и др.

ООПТ местного значения функционируют в условиях «стрессов урбанизации». Неблагополучное экологическое окружение и интенсивное воздействие обусловили быструю деградацию природных экосистем. В первую очередь необратимым изменениям подвергся растительный покров, как по видовому составу, так и по жизненному состоянию и выполняемым в экосистеме функциям. Парковые зоны, природные рекреационные комплексы отличаются интенсивным рекреационным использованием в течение всего года. Как следствие, изменяется объемно-пространственная структура насаждений, открытые пространства зарастают порослью интродуцируемых древесных видов (*U. pumila*, *Acer negundo* L., *P. Simonii*). Например, видовая структура насаждений ООПТ «Парк «Динамо» представлена 44 видами древесных растений и 25 видами кустарников. Здесь преобладают лиственные породы (89,6 % всех деревьев), в последние годы были высажены хвойные, что повысило долю их участия в древостое до 10,4 %. Среди древесных растений доминируют несколько видов – *U. pumila* (19 % всех деревьев в парке), *F. mandshurica* (15,8 %) и *P. Simonii* (10,2 %), *A. negundo* (7,1 %). В древесных насаждениях выявлено 66,9 % здоровых растений, 19,7 % ослабленных и 11,5 % угнетенных. Сухостойные деревья в парке составили 1,9%. Древостой в парке характеризуется как здоровый [1].

Резервом для организации ООПТ местного значения в Хабаровске являются земли Министерства обороны РФ и зеленые массивы, передаваемые в муниципальное управление. Увеличение общей площади ООПТ возможно и за счет охраны пойменных ландшафтов на российской части о. Большой Уссурийский и участков, примыкающих к водоохранным зонам малых рек города. Необходимо создавать крупные по площади охраняемые объекты, включающие разнообразные ландшафты (лесные, луговые, болотные). В Хабаровске запланировано увеличение площади ООПТ местного значения за счет «Парка школы олимпийского резерва» (123,5 га).

В настоящий момент деятельность ООПТ слабо интегрирована в социально-экономическое, экологически-ориентированное развитие городов. Назрела необходимость ревизии всех ООПТ не только с учетом их природоохранного

потенциала и оказания экосистемных услуг, но и инвестиционной привлекательности. Мировой и отечественный опыт городского планирования свидетельствует о возможности создания ООПТ местного значения путем экологической реставрации техногенных ландшафтов. С этой точки зрения заслуживает внимания техногенная территория «Ореховая сопка» общей площадью 47,2 га, вошедшая в 2015 г. в сеть ООПТ Хабаровска. Она расположена вблизи района интенсивного жилищного строительства (сроки освоения 2016–2027 гг.) с запланированной численностью населения 76 тыс. чел., где остро стоит проблема создания рекреационной территории, расположенной в шаговой доступности для жителей. Значительная площадь, останцовый рельеф, фрагменты сохранившихся природных ландшафтов создают предпосылки для многофункционального использования этой территории: организация парковой инфраструктуры, многоуровневых автоматизированных паркингов, обустройство спортивно-прогулочных трасс, ориентацию на развитие экстремальных видов спорта. Организация конных маршрутов повысит градостроительную ценность этих городских земель. Восстановление лесных фитоценозов в пределах ООПТ «Ореховая Сопка» приведет не только к повышению ценности охраняемой территории прямого использования (рекреация, туризм, оздоровление населения, эстетическая, научно-образовательная ценность), но и к увеличению стоимости экосистемных услуг (регулирование микроклимата, газового состава воздуха, стока воды, защита от эрозии и др.). Расчет показывает, что на озелененной площади 141500 м<sup>2</sup>, при среднегодовом количестве осадков 673 мм, с учетом лесистости водосборной площади в 30 % и стоимости 1 м<sup>3</sup> воды по Налоговому кодексу РФ, входящей в состав бассейна р. Амур – 0,26 руб. денежная оценка только водоохраной функции леса на ООПТ «Ореховая Сопка» составляет 49808,0 руб.

Органам местного управления законодательно предоставлены полномочия для организации ООПТ с учетом индивидуальных особенностей городов, перспектив их социально-экономического развития, а также экологического состояния территории. Роль ООПТ местного значения, как составной и значительной по площади части сети ООПТ Хабаровска, исключительно важна для его устойчивого развития: они служат противовесом агрессивной урбанизированной среде, являются основными элементами зеленой инфраструктуры и экологического каркаса города, оказывают населению экосистемные услуги, используются для развития рекреационно-туристической отрасли, а также экологического образования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
2. *Бобылёв С.Н., Порфирьев Б.Н.* Устойчивое развитие крупнейших городов и мегаполисов: фактор экосистемных услуг // Вестник Московского университета. 2016. Экономика. № 6. С. 3–21.
3. *Дёжкин В.В., Горелов Б.* Охраняемые природные территории в городах России // Информационно-аналитический бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России». 2007. № 3(93). С. 49–53.
4. *Зайцев О.Б., Поляков В.Е.* Особо охраняемые природные территории города Екатеринбурга. Екатеринбург: ООО «Издательский дом «Ажур», 2015. 46 с.
5. *Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д.* Тематическая структура базы ГИС «Особо охраняемые природные территории города Хабаровска» // Геодезия и картография. 2020. Т. 81. № 7. С. 56–64. DOI: 10.22389/0016-7126-2020-961-7-56-64

---

---

**ГОРОДА РЕГИОНОВ НОВОГО ОСВОЕНИЯ:  
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**Нарбут Н.А.**

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Хабаровск*

**CITIES OF THE REGIONS OF NEW DEVELOPMENT:  
FEATURES OF THE FORMATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**Narbut N.A.**

*Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

**Abstract.** The cities of the new development regions, unlike the cities of the old development, have a sufficient amount of free space, both within the city boundaries and in the suburban area. This space is the basis for the formation of a sustainable development of the city – suburb system.

Регионы нового освоения, к которым относится территория Дальнего Востока, имеют в своем развитии ряд особенностей, по сравнению с регионами старого или пионерного освоения. Одна из них – поляризованность территориальной структуры хозяйства. Эта особенность проявляется в том, что между основными компактно локализованными видами производства, находятся неосвоенные или мало освоенные зоны [4]. Эти зоны охватывают значительные пространства и обладают ценнейшим, не учитываемым в настоящее время свойством – высокой долей сохранности природы.

Города, расположенные в регионах нового освоения согласно теории дифференциальной урбанизации, которая описывает эволюцию городов в пространстве и во времени, развиваются в рамках первого этапа, тогда как в старосвоенных регионах они находятся на втором и третьем. В пределах Хабаровского края первый этап, являющийся наиболее продолжительным, характеризуется, с некоторыми отступлениями от общей закономерности, доминированием крупного города (Хабаровск), и уменьшением численности населения, как в среднем городе (Комсомольск-на-Амуре), так и малых городах (Николаевск-на-Амуре, Советская Гавань, Бикин, Амурск) [2]. Все они в отличие от регионов старого освоения имеют достаточное количество свободного пространства, которое характеризуется низким качеством городской среды. Свободное пространство может быть использовано для городской застройки, организации отдыха, развития инфраструктуры и т.д. В настоящее время усиливается спрос на комфортную городскую среду. В этом аспекте свободное пространство города является одним из важнейших компонентов, а также экологическим ресурсом для формирования устойчивого развития [5].

Основной критерий устойчивости в мире – достижение стратегического баланса между деятельностью человека и поддержанием воспроизводящих возможностей биосферы, который, должен осуществляться через равное внимание к экологической, экономической и социальной составляющей этого развития. Все эти составляющие взаимосвязаны и взаимозависимы. Но поскольку к настоящему времени не преодолена проблема традиционного деления вопросов на экономические, экологические и социальные, задачи и пути решения каждой из них, как правило, изучаются самостоятельно.

Экологический аспект устойчивого развития включает такие вопросы как состояние отдельных сред и ресурсов, выявление территорий экологического

назначения, роль зеленых насаждений, но совершенно не учитывает пространственную организацию природных объектов в городской среде в масштабе города.

Достижение стратегического баланса в конечном итоге сводится к соотношению нарушенных и ненарушенных территорий в определенных границах [3] и соблюдению некоторых обязательных условий [1]. Условия включают воспроизводство основных компонентов природной среды, обеспечивающее их баланс в межрайонных потоках вещества и энергии, соответствие степени биохимической активности ландшафтов масштабам производственных и коммунально-бытовых загрязнений окружающей человека среды, соответствие уровня физической устойчивости ландшафтов силе воздействия транспортных, инженерных, рекреационных и других антропогенных нагрузок.

По мнению ряда исследователей, выполнить эти условия, а значит сформировать устойчивое развитие в границах крупного промышленного города невозможно. Территориальной единицей, где можно осуществить эти условия является крупный город и его пригород [1]. И здесь решающее значение приобретает наличие достаточного свободного городского и межгородского пространства.

В городах старого освоения в результате сокращения города-ядра и формирования городских агломераций происходит сокращение, а иногда и полное исчезновение пригородных зон. Усилить экологическую составляющую в городской черте можно только за счет перераспределения уже использованных земель. Одновременно с разрастанием городских агломераций идет процесс переоборудования или полной ликвидации промышленных, транспортных и военных объектов, утративших свои функции в процессе деиндустриализации, что ведет к некоторому увеличению свободного пространства в черте города. Это так называемое «вторичное» свободное пространство, которое в настоящее время используется, как правило, для достижения экологической стабильности городской территории, повышая ее комфорт и привлекательность, создавая условия для формирования устойчивого развития. Большинство современных парков в городах Западной Европы, а также в городах регионов старого освоения в нашей стране созданы или создаются на основе ранее использованных территорий.

При этом необходимо иметь в виду, что зеленые насаждения площадью менее двух га (бульвары, скверы, сады, газоны, цветники и др.), выполняя ряд функций, направленных на улучшение экологической обстановки и формирования комфортной среды в городе, не дают средообразующего (средоформирующего) эффекта. Такой эффект возможен только при наличии крупных зеленых массивов площадью до 1000 га. Они сохраняют природное ядро с необходимыми экологическими связями, которые способствуют повышению жизнестойкости всего растительного сообщества. Такие массивы города или пригорода должны быть обязательным элементом при формировании устойчивого развития.

В регионах нового освоения, в отличие давно освоенных, имеется достаточное свободное пространство. Оно есть как в черте города, так и между городами и представляет значительный резерв для многовариантных альтернатив его использования, в том числе для создания зеленых зон. Причем планировать и использовать свободные пространства дешевле, чем перестраивать уже использованные. Большим преимуществом регионов нового освоения перед староосвоенными является наличие свободного пространства в межгородских про-

---

---

странствах, так как в современных исследованиях ставится вопрос о необходимом минимальном расстоянии между городами, которое позволяет сохранить популяции животных и растений и создать единую систему город-пригород, где возможно сформировать устойчивое развитие.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. *Владимиров В.В.* Расселение и экология. М.: Стройиздат, 1996. 392 с.
2. *Колбина Е.О. Найден С.Н.* Эволюция процессов урбанизации на Дальнем Востоке России // *Пространственная экономика*. 2013. №4. С.44-69.
3. *Лебедев Ю.В.* Экологически устойчивое развитие территорий: патриотический взгляд. Из-во Урал. гос. Горного ун-та, 2015. 156 с.
4. *Мирзеханова З.Г.* Особенности организации территории в регионах нового освоения (на примере Хабаровского края) // *Вестник Тихоокеанского гос. ун-та*. 2014. № 1 (32). С. 97–106.
5. *Нарбут Н.А.* Устойчивое развитие территории: роль экологического каркаса // *Вестник ДВО*. 2019. № 1. С .90–96.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

**Секция 1 Биологическое разнообразие наземных и водных экосистем**

Аднагулов Э.В. К ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ЗЕМНО- ВОДНЫХ ЗАПАДНЫХ ОТРОГОВ ХР. МАЛЫЙ ХЕХЦИР (ХАБАРОВ- СКИЙ КРАЙ).....	5
Антонов А.Л. АНТРОПОГЕННЫЕ И ПРИРОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ РЫБ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ БУРЕЯ.....	9
Антонова Л.А. ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ СЕМЕЙСТВА APISCHEAE ВО ФЛОРЕ ХАБА- РОВСКОГО КРАЯ (РОССИЙСКИЙ ДАЛЬНИЙ ВОСТОК).....	13
Базарова Б.Б., Куклин А.П., Михеев И.Е., Афонина Е.Ю., Ташлыкова Н.А., Матафонов П.В., Цыбекмитова Г.Ц. БИОРАЗНООБРАЗИЕ МАЛОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРВЫЕ ГО- ДЫ ЗАПОЛНЕНИЯ (РЕКА АМАЗАР, АМУРСКИЙ БАССЕЙН, РОС- СИЯ).....	18
Базарова В.Б., Кудрявцева Е.К., Лящевская М.С. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О СУЩЕСТВОВАНИИ ВОСТОЧНО- АЗИАТСКОГО АРЕАЛА АБМРОЗИИ В ГОЛОЦЕНЕ.....	23
Вахнина И. Л., Мыглан В.С., Носкова Е.В., Баринов В.В., Тайник А.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ДЕНДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРА- МЕТРОВ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДЕРЕВЬЕВ PINUS SYLVESTRIS L. В ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНАХ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ.	28
Ермолин А.Б. О ДИНАМИКЕ ГРАНИЦ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДИКИХ КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ.....	31
Ермолин А.Б., Кульбачный С.Е., Колпаков Н.В. К ВОПРОСУ О ФАУНЕ И ФЛОРЕ ТУГУРО-ЧУМИКАНСКОГО РАЙО- НА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ.....	34
Кондратова А.В. ПОСТПИРОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ КОЛЛЕМБОЛ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛИСТВЕННИЧНИКАХ.....	39
Коробов А.И. ФАУНА И ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИЧИНОК ТРЕМАТОД МОЛЛЮСКОВ РОДА LYMNAEA.....	42
Кошкин Е.С. ЗОЛОТОДОБЫЧА КАК НЕГАТИВНЫЙ ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ БАССЕЙНА Р. ДУРМИН (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ).....	46
Крюкова М.В. ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....	50

Куленко Е.А., Никитина Л.И. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ РЕК Г. ХАБАРОВСКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИЛИОФАУНЫ.....	53
Лонкина Е.С., Рубцова Т.А. ЛИСТВЕННИЧНИКИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «БАСТАК».....	58
Морозова Г.Ю. ВИТАЛИТЕННАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ ACER NEGUNDO В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ.....	64
Огуреева Г.Н. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И ЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВДОЛЬ ТРАССЫ БАМ.....	69
Олейников А.Ю. РЕЗУЛЬТАТЫ ДВАДЦАТИЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ПОЛУВОДНЫХ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В БАССЕЙНЕ Р. ДУРМИН.....	73
Орлов А.М., Чаков В.В., О.С. Громыко О.С. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕСНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА НА КОРПОРАТИВНЫЙ УЧЕТ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭКСПОРТЕРОВ ДРЕВЕСИНЫ	77
Пронкевич В.В. МЕЖДУНАРОДНЫЕ КЛЮЧЕВЫЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ.....	82
Самохвалов В.Л. ПАРАМЕТРЫ ВОДОСБОРОВ И НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООБЕНТОСА ВОДОТОКОВ СЕВЕРО-ВОСТОКА АЗИИ.....	87
Токранов А.М. ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАМЧАТКИ.....	91
Цыренова Д. Ю. МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕДКИХ ГИДРОФИТОВ ПРИАМУРЬЯ.....	96
Чаков В.В., Пархомчук Е.В., Захарченко Е. Н. ДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ТОРФОНАКОПЛЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ БАССЕЙНОГО ВОДРАЗДЕЛА РЕК ТУГУР-НИМЕЛЕН.....	99
Шадрина О.С. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАРСТОВОЙ ПЕЩЕРЕ ПРОЩАЛЬНАЯ, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК.....	105
Шлотгауэр С.Д. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ФЛОРЫ ХРЕБТА БАДЖАЛ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ).....	110
Шлотгауэр С.Д. СПЕЦИФИКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПРОЕКТИРУЕМОГО КОМПЛЕКСНОГО ЗАКАЗНИКА «УЧУРСКИЙ» (АЯНО-МАЙСКИЙ РАЙОН).....	115

---



---

**Секция 2. Водные ресурсы и экосистемы: состояние и использование**

Андреева Д.В. БИОИНДИКАЦИЯ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ АМУР В ПЕРИОД ЛЕДОСТАВА.....	121
Базаров К.Ю., Егидарев Е.Г., Мишина Н.В. АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ.....	125
Гаретова Л.А., Фишер Н.К. БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК Г. ХАБАРОВСКА И ЕГО ОКРЕСНОСТЕЙ.....	130
Зайцев А.В., Макаревич К.С., Каминский О.И. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	135
Клишко О.К. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕГО АМУРА (ЗАБАЙКАЛЬЕ) ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕНЕЗА.....	140
Кондратьева Л.М. МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД МЕТОДОМ ХРОМАТОМАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ.....	145
Копотева Т.А. РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПРОДУКТИВНОСТИ МЕЗОТРОФНОГО КУСТАРНИЧКОВО-СФАГНОВОГО БОЛОТА ПОСЛЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ПОЖАРА И ПАЛОВ.....	150
Куклин А. П., Цыбекмитова Г. Ц. БАССЕЙН РЕКИ АРГУНЬ: ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ.....	155
Кулаков В.В. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕСНЫХ И СУБМАРИННЫХ СОЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЕЙ.....	158
Литвиненко З. Н. ПРОБЛЕМЫ ОБРАСТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	163
Любицкий Ю. В., Вражкин А. Н., Харламов П. О. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ МОРСКИХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ РЕГИОНОВ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ ОХОТСКОГО МОРЯ.....	168
Макаревич К.С., Каминский О.И., Зайцев А.В., Кириченко Е.А., Крутикова В.О. СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ БИОИНДИФФЕРЕНТНЫХ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЭНЕРГИЮ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ.....	173

Махинов А.Н., Ким В.И., Дугаева Я.Ю. ОСОБЕННОСТИ КРУПНЫХ ПАВОДКОВ РЕКИ АМУР В ПЕРИОДЫ ВЫСОКОЙ И НИЗКОЙ ВОДНОСТИ.....	178
Махинов А.Н., Махинова А.Ф., Ким В.И., Liu Shuguang ВЛИЯНИЕ НАВОДНЕНИЙ И УРБАНИЗАЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ И МИГРАЦИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РЕКЕ АМУР.....	183
Паушкина В.Д. ДИНАМИКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РУСЛА В ПРЕДЕЛАХ ХАБАРОВ- СКОГО ВОДНОТРАНСПОРТНОГО УЗЛА.....	188
Поваров С.Ю. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ ПОЧВЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ.....	193
Романова Д.П. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ИЗ- МЕНЕНИЕ СРОКОВ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА РЕКЕ АМУР.....	198
Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Чаркин А.Н., Павлова Г.Ю., Анисимова Е.В., Барабанщиков Ю.А., Тищенко П.П. ОТКЛИК ЭСТУАРИЯ РЕКИ РАЗДОЛЬНОЙ (АМУРСКИЙ ЗАЛИВ, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) НА ГРУНТОВЫЙ ВОДООБМЕН В СИСТЕМЕ “ПОВЕРХНОСТНЫЙ-ПОДЗЕМНЫЙ ЭСТУАРИЙ” В ПЕРИОД ЗИМ- НЕЙ МЕЖЕНИ.....	202
Синькова И.С., Шестеркин В.П. СОДЕРЖАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В ВОДЕ МАЛЫХ РЕК ХАБАРОВСКА В ПЕРИОД ЗИМНЕЙ МЕЖЕНИ....	205
Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И СОЛЕВОЙ СОСТАВ ВОД СРЕДНЕГО АМУРА...	209
Зима Ю. В. МОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ТИПЫ РУСЛА РЕКИ ОНОН.....	215

### **Секция 3. Разнообразие и проблемы устойчивости ландшафтов**

Абрамов Б.Н., Цыренов Т.Г. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВО- СТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ.....	220
Брагин А.Н. ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ: СОСТОЯНИЕ, РАС- ПРОСТРАНЕНИЕ, СОВРЕМЕННЫЕ И РЕЛИКТОВЫЕ КРИОГЕННЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА.....	223
Воронов Б.А. ЭКОЛОГО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЭКОСИ- СТЕМАХ СЕВЕРНОГО ПРИАМУРЬЯ.....	228
Зубарева А.М., Зубарев В.А. ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ ПИРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕЛИОРИ- РОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ	233

Иванов Е. Н. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕДНИКОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ И МОНГО- ЛИИ.....	237
Климин М.А. ОТРАЖЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА НА ПЛЕЙСТОЦЕН- ГОЛОЦЕНОВОЙ ГРАНИЦЕ В ПИГМЕНТНОМ ПРОФИЛЕ ТОРФЯ- НЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	242
Мартынов А.В. СОДЕРЖАНИЕ УРАНА В ХРОНОРЯДУ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. АМУР.....	246
Матюшкина Л.А. ПРИРОДНОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ ЮГО- ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕАМУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ИХ РА- ЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ.....	250
Мядзелец А.В. КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПИРОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ГЕОСИСТЕМ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ.	256
Носкова Е. В., Вахнина И. Л. ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА (С УСТОЙ- ЧИВЫМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ ВОЗДУХА ВЫШЕ 5 И 10 °С) В ВО- СТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ.....	259
Росликова В. И., Матвеев Т. И. ПОЧВЫ ПАРКОВЫХ ЗОН «ДИНАМО», «ДОМ ОФИЦЕРОВ ФЛОТА» ХАБАРОВСКА И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ.....	264
<b>Секция 4. Научные основы охраны природы и оптимизации особо охраня- емых природных территорий</b>	
Атугова Ж. В., Ли Цзэхун ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАНДШАФ- ТОВ ПРИБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА: ИСТОРИЧЕ- СКИЙ АСПЕКТ.....	270
Майорова Л.А., Варченко Л.И. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ НА ОСТРОВАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИ- КОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ).....	276
Яворская Н.М. ЗООБЕНТОС РЕКИ АСКАН (ЗАКАЗНИК «АИСТИНЫЙ», ХАБАРОВ- СКИЙ КРАЙ).....	281
<b>Секция 5. Устойчивое развитие городов</b>	
Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. ЗНАЧЕНИЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ГОРОДОВ.....	285
Нарбут Н.А. ГОРОДА РЕГИОНОВ НОВОГО ОСВОЕНИЯ: ОСОБЕННОСТИ ФОР- МИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	290

Научное электронное издание  
Международная научная конференция

**РЕГИОНЫ НОВОГО ОСВОЕНИЯ:  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ  
ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ИХ ОХРАНА**

5–7 октября 2021 г.  
г. Хабаровск

Сборник материалов

Печатается по решению организационного комитета конференции

Компьютерная верстка, дизайн: В.А. Купцова

Подписано в печать 29.09.2021. Формат 60х90/8  
Усл. печ. л. 37.25. Объем 14,8 Мб.  
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН  
680000 Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56  
Тел.: (4212) 22-75-73; 32-57-55  
E-mail: [ivep@ivep.as.khb.ru](mailto:ivep@ivep.as.khb.ru); <http://ivep.as.khb.ru>