

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

БИОТА и СРЕДА

ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

11(2)
2023

ISSN 2782-1978

ISSN 2782–1978

БИОТА И СРЕДА ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

2023, Т. 11, № 2

Журнал основан в 2011 г., регулярно издаётся с 2014 г. В 2014–2017 гг. именовался «Биота и среда заповедников Дальнего Востока» (ISSN 2227-149X); в 2018–2020 гг. – «Биота и среда заповедных территорий» (ISSN 2618-6764).

Учредители: ФГБУ «Дальневосточное отделение Российской академии наук» (ДВО РАН) и ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – В. В. Богатов, академик РАН, д-р биол. наук, ДВО РАН, Владивосток

Заместитель главного редактора – А. А. Гончаров, член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Заместитель главного редактора – Л. А. Прозорова, канд. биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Российские члены редколлегии:

Ш. Р. Абдуллин, д-р биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

В. Ю. Баркалов, д-р биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Е. А. Беляев, д-р биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

А. В. Богачева, д-р биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Л. Я. Боркин, канд. биол. наук, ЗИН РАН, Санкт-Петербург

М. Л. Бурдуковский, канд. биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Е. А. Жарикова, канд. биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

И. В. Картавцева, д-р биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

М. В. Павленко, канд. биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Н. Г. Разжигаетова, д-р геогр. наук, ТИГ ДВО РАН, Владивосток

Т. Я. Ситникова, д-р биол. наук, ЛИН СО РАН, Иркутск

С. Г. Сурмач, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Р. С. Сурмач (редактор английского языка), ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Н. К. Христофорова, д-р биол. наук, ДВФУ, ТИГ ДВО РАН, Владивосток

В. Ю. Цыганков, д-р биол. наук, ДВФУ, Владивосток

Г. Н. Челомина, д-р биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

М. В. Черепанова, канд. геол.-минерал. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Е. Н. Чернова, канд. биол. наук, ТИГ ДВО РАН, ДВФУ, Владивосток

С. А. Шабалин, канд. биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

В. М. Шулькин, д-р геогр. наук, ТИГ ДВО РАН, Владивосток

Д. Ю. Щербаков, д-р биол. наук, ИГУ, ЛИН СО РАН, Иркутск

В. В. Якубов, канд. биол. наук, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Иностранные члены редколлегии:

Ю. Мории, д-р наук (PhD), Университет Киото, Киото, Япония

Т. Накано, д-р наук (PhD), Университет Киото, Киото, Япония

К. К. Нго, д-р наук (DSc.), Институт тропической биологии ВАНТ, Хошимин, Вьетнам

С. Чива, д-р наук (DSc.), Университет Тохоку, Центр изучения Северо-Восточной Азии, Сендай, Япония

Т. Сайто, д-р наук (PhD), Университет им. Масарика, Брно, Чехия

Д. Слат, д-р наук (PhD), Общество охраны дикой природы (WCS), Нью-Йорк, США

ISSN 2782-1978

BIOTA and ENVIRONMENT of NATURAL AREAS

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

2023, vol. 11, no. 2

The journal was founded in 2011, began to be regularly published from 2014. In 2014–2017 the journal was named *Biodiversity and Environment of Far East Reserves* (ISSN 2227-149X); during 2018–2020 – *Biodiversity and Environment of Protected Areas* (ISSN 2618-6764).

Founders: Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences and Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (FSCEATB FEB RAS).

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief – Viktor V. Bogatov, Academician of the Russian Academy of Sciences, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Deputy editor-in-chief – Andrey A. Gontcharov, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Deputy editor-in-chief – Larisa A. Prozorova, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Russian members of the editorial board:

Shamil R. Abdullin, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Vyacheslav Yu. Barkalov, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Evgeny A. Beljaev, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Anna V. Bogacheva, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Leo J. Borkin, Zoological Institute RAS, St. Petersburg

Maksim L. Burdukovskii, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Elena A. Zharikova, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Irina V. Kartavtseva, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Marina V. Pavlenko, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Nadezhda G. Razjigaeva, Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok

Tatiana Ya. Sitnikova, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

Sergey G. Surmach, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Rada S. Surmach, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Nadezhda K. Khristoforova, Far Eastern Federal University, Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok

Vasilii Yu. Tsygankov, Far Eastern Federal University, Vladivostok

Galina N. Chelomina, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Marina V. Cherepanova, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Elena N. Chernova, Pacific Geographical Institute FEB RAS, Far Eastern Federal University, Vladivostok

Sergey A. Shabalin, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Vladimir M. Shulkin, Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok

Dmitry Yu. Sherbakov, Limnological Institute SB RAS, Irkutsk

Valentin V. Yakubov, FSCEATB FEB RAS, Vladivostok

Foreign members of the editorial board:

Satoshi Chiba, Tohoku University, Center for Northeast Asian Studies, Sendai, Japan

Yuta Morii, Kyoto University, Kyoto, Japan

Takafumi Nakano, Kyoto University, Kyoto, Japan

Xuan Quang Ngo, Institute of Tropical Biology VAST, Ho Chi Minh, Vietnam

Takumi Saito, Masaryk University, Brno, Czech Republic

Jonathan C. Slaght, Wildlife Conservation Society, New York, USA

© Дальневосточное отделение Российской академии наук, 2023

© ФНИЦ Биоразнообразия ДВО РАН, 2023



БИОТА И СРЕДА ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

2023, Т. 11, № 2

СОДЕРЖАНИЕ

ФАУНА

Аверин А. А. Современная териофауна Еврейской автономной области и заповедника «Бастак»	5
--	---

ОХРАНА ПРИРОДЫ

Барабанщиков Е. И., Назаров В. А., Прозорова Л. А. Предварительная оценка состояния популяций сахалинского тайменя <i>Parahucho perryi</i> (Brevoort, 1856) в Приморском крае	32
Маслова И. В., Баркалов В. Ю., Поляков И. П. Большая ценность маленького памятника природы регионального значения «Мыс Девичьи Пески» (Приморский край)	44

ЭКОЛОГИЯ

Кожевникова Н. К., Болдескул А. Г., Луценко Т. Н. Состав почвенных вод горно-лесных ландшафтов Верхней Уссури и оценка выноса химических элементов	62
Воронкова Н. М. Устойчивость семян дикорастущих растений Сахалинской области к воздействию сверхнизких температур	75

ОБЗОРЫ

Челомина Г. Н. Филогеномика (краткий обзор)	83
--	----

BIOTA and ENVIRONMENT of NATURAL AREAS

2023, VOL. 11, NO. 2



CONTENTS

FAUNA

- Averin A. A.** Modern mammal fauna of the Jewish Autonomous Oblast and the Bastak Nature Reserve 5
-

NATURE CONSERVATION

- Barabanshchikov E. I., Nazarov V. A., Prozorova L. A.** Preliminary assessment of current population status of the Sakhalin taimen, *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856), in Primorsky Krai (Russia) 32
- Maslova I. V., Barkalov V. Yu., Polyakov I. P.** Big value of a small natural monument of regional significance Mys Devich'y Peski (Primorsky Krai, Russia) 44
-

ECOLOGY

- Kozhevnikova N. K., Boldeskul A. G., Lutsenko T. N.** Composition of soil water in mountain-forest landscapes of the Upper Ussuri River and the estimation of export of chemical elements 62
- Voronkova N. M.** Resistance of wild plants seeds from Sakhalin Oblast to ultra-low temperatures 75
-

REVIEWS

- Chelomina G. N.** Phylogenomics (short review) 83

Современная териофауна Еврейской автономной области и заповедника «Бастак»

Андрей Александрович Аверин

Институт биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики

Бишкек, 720 071, Кыргызская Республика

E-mail: averinbird78@mail.ru

Получена 18 марта 2023 г., принята к публикации 29 мая 2023 г.

Аннотация. На основании литературных и собственных сведений составлен наиболее полный список современной териофауны Еврейской автономной области, включающий 68 видов и подвидов. В заповеднике «Бастак» отмечены 60 видов и подвидов; 12 из них занесены в региональную и два в федеральную Красные книги. Список териофауны заповедника дополнен четырьмя видами (амурский ёж, пятнистый олень, домашние собака и кошка) и синантропным подвидом серой крысы (*Rattus norvegicus norvegicus*). Впервые даны списки отдельно для кластеров заповедника. Показаны негативные изменения в териофауне ЕАО с 1930-х гг. – вселение восьми чужеродных видов и подвидов и вымирание четырёх нативных видов и подвидов, три из которых включены в Красную книгу Российской Федерации (дальневосточный леопард, красный волк, амурский горал).

Ключевые слова: млекопитающие, Еврейская автономная область, заповедник «Бастак», Среднее Приамурье, редкие виды, вымершие виды, интродуцированные виды, антропогенное воздействие.

Modern mammal fauna of the Jewish Autonomous Oblast and the Bastak Nature Reserve

Andrey A. Averin

Institute of Biology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,

Bishkek, 720 071, Kyrgyz Republic

E-mail: averinbird78@mail.ru

Received 18 March 2023; accepted 29 May 2023

Abstract. Based on the literature and our own information, the most complete list of the modern theriofauna of the Jewish Autonomous Oblast was compiled, including 68 species and subspecies. Sixty species and subspecies are found in the Bastak Nature Reserve; 12 of which are listed in the Red Data Book of the region and two in the Red Data Book of the Russian Federation. Four species are new for the fauna of the reserve (Amur hedgehog, spotted deer, domestic dog and cat). Another addition is the synanthropic subspecies of the brown rat (*Rattus norvegicus norvegicus*). For the first time, lists are given separately for the clusters of the reserve. Negative changes in the theriofauna of the JAO since the 1930s are described – introduction of eight alien species and subspecies and extinction of four native species and subspecies, three of which are included in the Red Data Book of the Russian Federation (Amur leopard, dhole, long-tailed goral).

Keywords: mammals, Jewish Autonomous Region, Bastak Nature Reserve, Middle Amur Region, rare species, extinct species, climate change, anthropogenic impact.

Введение

Еврейская автономная область (ЕАО) расположена в Среднем Приамурье на площади 36 271 км². На западе область граничит с Амурской областью, на востоке и севере с Хабаровским краем, а на юге отделена руслом р. Амур от Китайской народной республикой (КНР). Область как административный выдел была основана в 1930 г. под названием Биро-Биджанский национальный район, а затем в 1934 г. преобразована в ЕАО. Государственный природный заповедник «Бастак» (далее заповедник) является единственной в области государственной особо охраняемой природной территорией (далее ООПТ) федерального значения. Заповедник

образован в 1997 г. с основной территорией в административных границах ЕАО и частью охранной зоны в Хабаровском крае. Заповедник состоит из двух кластеров. По данным 2022 г. площадь кластера «Центральный» составляет 91 771 га, «Забеловский» – 35 323.5 га. Кроме того, планируется третий кластер «Дендропарк» площадью 18 га (работы по организации этого кластера ведутся на уровне Министерства природных ресурсов и экологии). В сумме заповедник занимает 127 112.5 га, что без учёта охранной зоны в 37 350 га составляет 3.5% от общей площади ЕАО (рис. 1).



Рис. 1. Расположение заповедника «Бастак» и его трёх кластеров в ЕАО: 1 – «Центральный», 2 – «Забеловский», 3 – «Дендропарк».

Fig. 1. Location of the three clusters of the Bastak Nature Reserve within the Jewish Autonomous Oblast (JAO): 1 – Central Cluster, 2 – Zaborovskiy Cluster, 3 – Dendropark Cluster.

Заповедник «Бастак» является участником международного трансграничного сотрудничества ООПТ России и КНР. Осуществляется совместная работа на постоянной основе в научной, природоохранной и эколого-просветительской деятельности с двумя китайскими резерватами «Хунхэ» и «Бача Дао». В рамках договоров о трансграничном сотрудничестве проводились также и российско-китайские исследования териофауны (Averin et al. 2016).

В данной статье систематизированы собственные и литературные данные по современной фауне млекопитающих заповедника и прилегающих территорий Среднего Приамурья, главным образом, ЕАО. Приводится краткая история и основные результаты изучения териофауны этих районов и прослеживается история её изменения за время существования ЕАО.

Краткая история изучения современной териофауны ЕАО

Фаунистические исследования наземных позвоночных Среднего Приамурья начались задолго до учреждения ЕАО и основания заповедника, поскольку первые научные публикации появились более 160 лет назад.

Первым учёным, посетившим регион в XIX веке, был Г. И. Радде – естествоиспытатель и этнограф, магистр зоологии (Радде 1861; Radde 2018). Во второй

половине XIX века провели крупные экспедиции натуралисты-исследователи Л. И. Шренк (Schrenck 1858–1900), Р. К. Маак (Maak 1859), Н. М. Пржевальский (1870), С. В. Максимов (1871) и Г. Е. Грум-Гржимайло (Грум-Гржимайло, Семёнов 1894). На рубеже XIX–XX вв. во Владивостоке зародилось Общество изучения Амурского края, которое стало одним из центров познания животного мира Приамурья и Приморья. В 1917–1918 гг. В. К. Арсеньев в экспедиции по Уссурийскому краю посетил горные районы бассейнов рек Кур и Урми (Арсеньев 2022). В 1926–1929 гг. полевые исследования млекопитающих в Среднем Приамурье велись А. Н. Формозовым и С. И. Оболенским из Зоологического института Академии наук СССР. В 1934 г. здесь работал специалист по грызунам К. А. Плятер-Плохоцкий, а в 1935 г. А. В. Афанасьев изучал млекопитающих в северо-западной части Малого Хингана.

Во второй половине прошлого века в 1950–1960 гг. К. Г. Абрамов, Н. В. Михайлов, А. П. Казаринов и В. П. Сысоев проводили исследования по обоснованию создания заказников «Шухи-Поктой», «Чурки», «Ульдуры». В те же годы стационарные работы по изучению грызунов велись В. И. Волковым, Н. С. Беляевой и С. А. Хамагановым, а Г. Ф. Бромлей занимался биологией горала, промысловых копытных и пушных зверей на Малом Хингане. Позже на территории ЕАО работали такие известные териологи как А. П. Кузякин, А. М. Колосов, С. П. Кучеренко, Г. И. Сухомиров, В. К. Абрамов, В. Г. Юдин, В. М. Сапаев, Ф. Г. Штильмарк, В. И. Волков, В. Т. Тагирова, М. П. Тиунов.

Фауна млекопитающих заповедника «Бастак» изучается с 1997 г. отдельными исследователями (А. М. Долгих, Н. Виллард, М. Бастардот) и коллективами учёных в ходе полевых работ и комплексных научных экспедиций. В экспедициях по заповеднику в период с 1999 по 2022 гг. регулярно принимали участие сотрудники заповедника (А. А. Аверин, П. В. Збань, И. Л. Полковников, О. Н. Полковникова) и научные сотрудники Института комплексного анализа региональных проблем (ИКАРП) ДВО РАН А. Ю. Калинин, С. А. Ростова, Л. В. Капитонова, Л. В. Фрисман, сотрудники ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН И. В. Картавцева и У. В. Горобейко, А. А. Кадетова (МГУ) и некоторые другие.

По результатам упомянутых экспедиций нами был составлен первый список млекопитающих заповедника из 42 видов (Аверин, Бурик 2007). В дальнейшем он был дополнен и расширен до 55 видов (Averin et al. 2016; Аверин и др. 2017; Аверин 2021). В настоящую работу вошли вновь полученные автором оригинальные данные и не учтённые ранее литературные сведения.

Материал и методы

Для составления достоверной картины современного состояния териофауны региона использованы следующие методы сбора данных: визуальные и акустические регистрации на точках, данные фотоловушек, зимние маршрутные учёты по следам (Ошмарин, Пикунов 1990), отлов сетями, на капканы, давилки, живоловки, конуса, учёт следов, нор, помёта, костных останков, а также опросы местных жителей (в городе Биробиджан, в сёлах Кирга, Смидович, Нижнеспасское и др.) и сотрудников отдела охраны заповедника «Бастак», дирекции ООПТ ЕАО, научных сотрудников ИКАРП ДВО РАН, сотрудников китайских резерватов.

Для подсчёта плотности разных видов в заповеднике и общей численности животных, кроме прямых данных, использованы также такие косвенные данные, как следовые дорожки на снегу. Эти данные обрабатывались по методам А. Н. Формозова (1932) с учётом оригинальной оценки суточного хода зверя и Н. Г. Челинцева

(2000), результаты которых в дальнейшем усреднялись, как ранее это было сделано применительно к солонгою (Аверин 2022b). Замечание «ориг. данные» включает сведения и информацию, полученную автором путём опросов. Часть этих данных опубликована в летописи природы заповедника за 2019–2021 гг. (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022).

Данные о численности животных распределены по шести условным категориям: многочисленные виды и подвиды (встречаются более 1000 особей в год); обычные (от 500 до 1000 особей в год); немногочисленные (от 100 до 500 особей в год); редкие (от 10 до 100 особей в год); очень редкие (встречаются до 10 особей в год); нежилые, но изредка заходящие в заповедник (табл. 2). Поскольку такой метод оценки применялся нами для заповедника и ранее (Аверин и др. 2017), это позволяет проследить произошедшие изменения в за период 2017–2022 гг.

Названия видов и их внутривидовых группировок, обитающих в ЕАО, приведены, главным образом, по каталогу млекопитающих под редакцией И. Я. Павлинова и А. А. Лисовского (2012) с уточнениями из более поздних источников узкоспециальной литературы; в частности, таксономия рукокрылых приведена в соответствии с монографией М. П. Тиунова с соавторами (2021). Случай с подвидами серой крысы оговорён отдельно. Названия вымерших таксонов и не отмечавшихся ранее в Российской Федерации приведены в соответствии с данными бюллетеня зоологической номенклатуры (*Bulletin of Zoological Nomenclature*), томов (1–79) Международной комиссии по зоологической номенклатуре (*International Commission on Zoological Nomenclature*).

Результаты и обсуждение

Видовой состав териофауны ЕАО и заповедника «Бастак»

Видовой состав современной териофауны ЕАО и заповедника «Бастак» рассмотрен с 2000 по 2022 гг. По данным собственных наблюдений, летописи заповедника и литературных сведений (Каменецкий 1936; Сысоев 1960; Нестеренко 1999; Долгих, 2007; Фрисман и др. 2012, 2019, 2021; Капитонова, 2012; Кадетова 2013, 2020; Лапин 2013; Averin et al. 2016; Kartavtseva et al. 2021; Бурик и др. 2018; Тиунов и др. 2021; Шереметьева и др. 2022; Юдин 2022) о териофауне ЕАО и прилегающих территорий Хабаровского края и провинции Хэйлунцзян (КНР) составлена таблица из 68 современных видов и подвидов зверей с замечаниями о частоте их встречаемости и природоохранном статусе (табл. 1).

Наиболее разнообразным оказался отряд хищных (21 вид), среди которых по числу видов (9) преобладают куньи. За хищниками следуют грызуны (18 видов и подвидов), насекомоядные (11 видов) и рукокрытые (9 видов). Наименее разнообразны в ЕАО отряды парнокопытных (6 видов) и зайцеобразных (3 вида). Полностью отсутствуют в современной фауне непарнокопытные.

В заповеднике отмечены 60 из 68 видов и подвидов млекопитающих, что составляет 88% от современной териофауны области и подтверждают важную роль «Бастака» в сохранении биоразнообразия региона.

Как видно из таблицы 1, восемь видов и подвидов териофауны ЕАО являются чужеродными для биоты Приамурья. Это намеренно интродуцированные два вида бобров, ондатра и американская норка, спутники человека – домашние собака и кошка, а также самостоятельно вселившиеся вместе с человеком синантропные вредоносные – домовая мышь и номинативный подвид серой крысы. Все они уже адаптировались к обитанию в природных биотопах ЕАО и шесть из них обнаружены в заповеднике (табл. 1).

Табл. 1. Видовой состав современной териофауны ЕАО и заповедника «Бастак» по состоянию на 2022 г.

Table 1. Species composition of modern mammal fauna of the JAO and the Bastak Nature Reserve as of 2022.

№ п. п.	Вид Species		Наличие в заповед- нике Presence in the Bastak Nature Reserve	Примечания Notes
	Русское название	Латинское название		
1	2	3	4	5
1.	Амурский ёж	<i>Erinaceus amurensis</i> Schrenk, 1859	+	Редок в ЕАО (Бурик и др. 2018). Занесён в Красную книгу ЕАО с категорией статуса редкости 3 (2014). В ЕАО отмечен в XX веке (Нестеренко 1999). Современные находки в заповеднике и ЕАО – по нашим данным.
2.	Уссурийская бело-зубка	<i>Crocidura (Crocidura) lasiura</i> Dobson, 1890	+	Обычен в ЕАО (Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019; Кадетова 2020). Эндемик Восточной Азии, в бассейне Амура считался редким (Нестеренко 1999).
3.	Обыкновенная кутора	<i>Neomys fodiens</i> Pennant, 1771	+	Редок в ЕАО (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022; Капитонова и др. 2012; Аверин и др. 2017; Бурик и др. 2018). Повсеместно редкий транс-палеарктический вид, в ЕАО отмечен в XX веке (Нестеренко 1999). Известен по костным останкам в пещере Коридорная (Voita et al. 2020) и встречам крупной землеройки у водоёмов (ориг. данные). Занесён в Красную книгу ЕАО с категорией статуса редкости 3 (2014).
4.	Тундрная (тундровая) бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (gr. «araneus») tundrensis</i> Merriam, 1900	+	Редок в ЕАО (Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019). Восточно-палеарктический вид с высокой численностью в бассейне Амура (Нестеренко 1999).
5.	Крупнозубая (тёмнозубая) бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (gr. «araneus») daphnaenodon</i> Thomas, 1907	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Фрисман и др. 2019; Кадетова 2020). На юге Дальнего Востока повсеместно (Нестеренко 1999).

1	2	3	4	5
6.	Средняя бурозубка	<i>Sorex (Sorex)</i> (gr. « <i>caecutiens</i> ») <i>caecutiens</i> Laxmann, 1785 (1788)	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019; Кадетова 2020). На юге Дальнего Востока повсеместно (Нестеренко 1999).
7.	Когтистая бурозубка	<i>Sorex (Sorex)</i> (gr. « <i>caecutiens</i> ») <i>unguiculatus</i> Dobson, 1890	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019; Кадетова 2020). В ЕАО обнаружен в XX веке (Нестеренко 1999).
8.	Равнозубая бурозубка	<i>Sorex (Sorex)</i> (gr. « <i>caecutiens</i> ») « <i>isodon</i> Turov, 1924» (1936)	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019). Вид широко распространён по югу Дальнего Востока (Нестеренко 1999).
9.	Плоскочерепная бурозубка	<i>Sorex (Sorex)</i> (? gr. « <i>caecutiens</i> ») <i>roboratus</i> Hollister, 1913	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019; Кадетова 2020). Восточно-палеарктический вид со средней численностью (Нестеренко).
10.	Тонконосая (дальневосточная) бурозубка	<i>Sorex (Sorex)</i> (? gr. « <i>minutus</i> » aut « <i>caecutiens</i> ») <i>gracillimus</i> Thomas, 1907	+	Обычен в ЕАО (Долгих, 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019). В ЕАО обнаружен в XX веке (Нестеренко 1999).
11.	Крошечная бурозубка (бурозубка Черского)	<i>Sorex (Sorex)</i> (? group) <i>minutissimus</i> Zimmermann, 1780	+	Редок в ЕАО (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022; Капитонова и др. 2012; Аверин и др. 2017; Бурик и др. 2018). Очень малочисленный, хоть и широкоареальный эвритопный вид (Нестеренко 1999).
12.	Сибирский (большой) трубнонос	<i>Murina hilgendorfi</i> Gray, 1842	-	Редок в ЕАО (Бурик и др. 2018; Фрисман, Горобейко 2021, Тиунов и др. 2021).
13.	Амурская ночница	<i>Myotis (Myotis) bombinus</i> Thomas, 1905	+	Редок в ЕАО (Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман, Горобейко 2021). Занесён в Красную книгу ЕАО с категорией статуса редкости 3 (2014).
14.	Длиннохвостая ночница	<i>Myotis («Leuconoe») longicaudatus</i> Ognev, 1912	-	Редок в ЕАО (Бурик и др. 2018; Фрисман, Горобейко, 2021). Занесён в Красную книгу ЕАО (2014) как <i>Myotis frater</i> G. M. Alln, 1923.

1	2	3	4	5
15.	Ночница Иконникова	<i>Myotis</i> (« <i>Leuconoe</i> ») <i>ikonnikovi</i> Ognev, 1912	+	Редок в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018). Занесён в Красную книгу ЕАО с категорией статуса редкости 3 (2014).
16.	Восточная ночница	<i>Myotis</i> (« <i>Leuconoe</i> ») <i>petax</i> Hollister, 1912	+	Обычен в ЕАО (Бурик и др. 2018; Фрисман, Горобейко, 2021).
17.	Сибирская ночница	<i>Myotis (Aeorestes)</i> <i>sibirica</i> Kaschenko, 1905	+	Редок в ЕАО (Фрисман, Горобейко 2021, Тиунов и др. 2021). В Красной книге ЕАО (2014) приведён под названием ночница уссурийская <i>Myotis gracilis</i> (Ognev, 1927).
18.	Ушан Огнёва (сибирский ушан)	<i>Plecotus ognevi</i> Kishida, 1927	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Фрисман, Горобейко 2021, Тиунов и др. 2021).
19.	Двухцветный кожан	<i>Vespertilio</i> <i>murinus</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман, Горобейко 2021).
20.	Восточный кожан	<i>Vespertilio</i> <i>sinensis</i> Peters, 1880	-	Перелетный вид, встречается только в летний период (Бурик и др. 2018; Фрисман, Горобейко 2021; Тиунов и др. 2021). Занесён в Красную книгу ЕАО с категорией статуса редкости 3 (2014).
21.	Северная пищуха	<i>Ochotona (Pika)</i> (gr. « <i>alpina</i> ») <i>hyperborea</i> Pallas, 1811	+	Обычен в ЕАО (Долгих, 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019; Кадетова 2020).
22.	Заяц-беляк	<i>Lepus timidus</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
23.	Маньчжурский заяц	<i>Lepus</i> <i>mandshuricus</i> Radde, 1861	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
24.	Обыкновенная летяга	<i>Pteromys volans</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019).
25.	Обыкновенная белка	<i>Sciurus (Sciurus)</i> <i>vulgaris</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
26.	Азиатский бурундук	<i>Tamias</i> (<i>Eutamias</i>) <i>sibiricus</i> Laxmann, 1769	+	Обычен в ЕАО (Долгих, 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019).

1	2	3	4	5
27.	Обыкновенный бобр	<i>Castor fiber</i> Linnaeus, 1758	-	Очень редок в ЕАО. Интродуцированный вид. Вид встречен на р. Третья Щукинка и р. Вертопрашиха (ориг. данные)
28.	Канадский бобр	<i>Castor canadensis</i> Kuhl, 1820	-	Очень редок в ЕАО. Интродуцированный вид. Встречен на р. Урми (ориг. данные)
29.	Длиннохвостая мышовка	<i>Sicista caudata</i> Thomas, 1907	+	Редок в ЕАО. Занесён в Красный список ЕАО в 2022 г. (Долгих 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019)
30.	Барабинский хомячок	<i>Cricetulus barabensis</i> Pallas, 1773	-	Редок в ЕАО (Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019).
31.	Ондатра	<i>Ondata zibethicus</i> Linnaeus, 1766	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018). Интродуцирован в XX веке (Сапаев 1965).
32.	Серая полёвка	<i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Фрисман и др. 2019; Кадетова 2020).
33.	Красная полёвка	<i>Myodes rutilus</i> Pallas, 1779	+	Обычен в ЕАО (Долгих, 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019).
34.	Полевка Максимо-вича	<i>Alexandromys</i> (gr. « <i>maximowiczii</i> ») <i>maximowiczii</i> Schrank, 1859	+	Обычен в ЕАО (Капитонова и др. 2012; Фрисман и др. 2019).
35.	Восточная (большая) полевка	<i>Alexandromys</i> (gr. « <i>fortis</i> ») <i>fortis</i> Buchner, 1889	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019).
36.	Мышь-малютка	<i>Micromys minutus</i> Pallas, 1771	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Фрисман и др. 2019).
37.	Восточноазиатская мышь	<i>Apodemus (Alsomys) peninsulae</i> Thomas, 1907	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019).
38.	Полевая мышь	<i>Apodemus (Apodemus) agrarius</i> Pallas, 1771	+	Обычен в ЕАО (Долгих 2007; Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019).
39.	Домовая мышь	<i>Mus (Mus) musculus</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Нестеренко 1999; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019). Синантропный вселенец.

1	2	3	4	5
40.	Серая крыса, номинативный подвид (пасюк)	<i>Rattus norvegicus norvegicus</i> Berkenhout, 1769	+	Обычен в ЕАО. Синантропный вселенец (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Фрисман и др. 2019; Аверин 2021).
41.	Серая крыса, восточноазиатский подвид (карако)	<i>Rattus norvegicus caraco</i> Pallas, 1779	+	Обычен в ЕАО как в природных, так и в антропогенных биотопах (Фрисман и др. 2019; Аверин 2021; ориг. данные).
42.	Волк	<i>Canis (Canis) lupus</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
43.	Домашняя собака (по данным Объединенной таксономической информационной службы (ITIS) считается подвидом волка <i>Canis lupus familiaris</i> .)	<i>Canis (Canis) familiaris</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО. Синантропный интродуцент. Одицавшие и бродячие особи отмечаются по всей ЕАО (Бурик и др. 2018; ориг. данные).
44.	Енотовидная собака	<i>Nyctereutes procyonoides</i> Gray, 1834	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
45.	Обыкновенная лисица	<i>Vulpes (Vulpes) vulpes</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
46.	Белогрудый (гималайский) медведь	<i>Ursus (Euarctos) thibetanus</i> G. Cuvier, 1823	+	Редок в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Кадетова 2020).
47.	Бурый медведь	<i>Ursus (Ursus) arctos</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018; Кадетова 2020).
48.	Сивуч	<i>Eumetopias jubatus</i> Schreber, 1776	-	Нежилой, очень редкие заходы. Единично визуально отмечался рыбаками на границе с Хабаровским краем у моста через р. Амур (ориг. данные). Одна особь была убита 11.06.2015 г. в протоке Гассинская р. Амур у пос. Дада (Хабаровский край, 120 км на северо-восток от устья р. Тунгуска, ЕАО) (https://www.dvnovosti.ru/khab/2015/07/02/36057/) (Сиин 2015). Занесён в Красную книгу РФ (2021).

1	2	3	4	5
49.	Ларга	<i>Phoca largha</i> Pallas, 1811	-	Нежилой, редкие заходы. По опросным данным, отмечался у моста через р. Амур (ориг. данные); 23.02.2021 г. была найдена особь, погибшая в сети рыбака в устье р. Тунгуска https://primamedia.ru/news/1068769/ (PrimaMedia 2021a). А. М. Никольский (1889) приводит слова Л. И. Шренка о виде: «Вверх по Амуру поднимается вёрст на 400».
50.	Соболь	<i>Martes (Martes) zibellina</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
51.	Харза	<i>Martes (Charronia) flavigula</i> Boddaert, 1785	+	Редок в ЕАО (Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018). Занесён в Красный список ЕАО в 2022 г.
52.	Росомаха	<i>Gulo gulo</i> Linnaeus, 1758	+	Редок в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
53.	Азиатский барсук	<i>Meles leucurus</i> Hodgson, 1847	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
54.	Солонгой	<i>Mustela (Gale) altaica</i> Pallas, 1811	+	Редок в ЕАО (Бурик и др. 2018; Аверин, 2022b). Занесён в Красную книгу ЕАО с категорией статуса редкости 2 (2014).
55.	Ласка	<i>Mustela (Gale) nivalis</i> Linnaeus, 1766	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
56.	Колонок	<i>Mustela (Kolonokus) sibirica</i> Pallas, 1773	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
57.	Американская норка	<i>Mustela vison</i> Schreber, 1777	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018). Интродуцирован в XX веке.
58.	Речная выдра	<i>Lutra lutra</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
59.	Амурский тигр	<i>Panthera tigris altaica</i> Temminck, 1844	+	Редок в ЕАО (не более 20 особей) (Капитонова и др. 2012, Полковникова 2015; Бурик и др. 2018; Рожнов и др. 2021). Занесён в Красную книгу ЕАО (2014) и РФ (2021).

1	2	3	4	5
60.	Домашняя кошка (иногда считается подвидом дикой кошки <i>Felis silvestris catus</i>)	<i>Felis (Felis) catus</i> Linnaeus, 1758	+	Обычен в ЕАО. Синантропный интродуцент. Бродячие особи отмечаются в радиусе 10 км от населённых пунктов по всей ЕАО (ориг. данные). В зимний период вне обогреваемых строений погибают от сильных морозов (Бурик и др. 2018).
61.	Дальневосточный лесной кот	<i>Prionailurus bengalensis euptilura</i> Elliot, 1871	+	Редок в ЕАО (Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018). Занесён в Красный список ЕАО в 2022 г.
62.	Рысь	<i>Lynx lynx</i> Linnaeus, 1758	+	Редок в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
63.	Кабан (дикая свинья)	<i>Sus scrofa</i> Linnaeus 1758	+	Редок в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018). Был обычным до 2020 г., пока не произошёл большой падеж от африканской чумы свиней (ориг. данные).
64.	Пятнистый олень	<i>Cervus nippon</i> Temminck, 1838	+	Редок в ЕАО (Бурик и др. 2018). По данным личных наблюдений и опросов, не ежегодно заходит с территории КНР с 1990-х гг. (ориг. данные; K.sina.com.cn. 2021)
65.	Изюбрь (марал, маньчжурский вапити)	<i>Cervus (Elaphus) canadensis</i> Erxleben, 1777	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
66.	Сибирская козуля	<i>Capreolus (Capreolus) pygargus</i> Pallas, 1771	+	Обычен в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
67.	Американский лось	<i>Alces (Alces) americanus</i> Clinton, 1822	+	Редок в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).
68.	Кабарга	<i>Moschus moschiferus</i> Linnaeus, 1758	+	Редок в ЕАО (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Бурик и др. 2018).

Суровость климата ЕАО и плохо контролируемая охота часто приводят к тому, что виды-новосёлы не всегда приживаются. Так, попытки интродуцировать в 1963–1964 гг. зайца русака *Lepus europaeus* Pallas, 1778 в ЕАО закончились неудачей (Бурик и др. 2018). В отдельных сёлах (в частности в пос. Кирга) местные жители периодически выпускают в дикую природу домашних кроликов *Oryctolagus cuniculus domesticus* (Linnaeus, 1758), которые образуют локальные существующие по несколько лет размножающиеся группировки. В дальнейшем эти группировки истребляются охотниками и собаками (ориг. данные).

Лошади (мустанги) *Equus (Equus) ferus* Linnaeus, 1758, сбежавшие с конеферм и одичавшие в Среднем Приамурье в прошлом веке, не прижились в дикой природе (фактор браконьерства), хотя, по многочисленным опросам местных жителей, одичавшие табуны встречались в ЕАО с 1930-х по 1999 гг. (ориг. данные). Ближайшим к ЕАО местом, где обитали лошади, был Аноуйский национальный парк (Хабаровский край). Там последнюю лошадь отловили в 2021 г. (Информагенство ХКС 2021).

В предыдущих списках млекопитающих заповедника серая крыса была формально указана как *Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769, без уточнения подвидовой принадлежности особей, обитающих как в дикой природе, так и в антропогенных ландшафтах заповедника и его окрестностей (кордоны, пасеки, территории пограничных застав, руины приамурских и таёжных посёлков, жилые посёлки Кирга и Нижнеспасское). Крысы из дикой природы могут быть формально отнесены к подвиду *Rattus norvegicus caraco*, а особи, встреченные в строениях человека, преимущественно к *Rattus norvegicus norvegicus* (И. В. Картавцева, личное сообщение). Эта точка зрения вполне согласуется с представлением о нативном и антропогенно сформированном ареале этих подвидов, согласно которой на юге Дальнего Востока России, в том числе в Приамурье, предположительно находится участок природного ареала восточного подвида серой крысы *Rattus norvegicus caraco*, соприкасающийся в настоящее время с инвазионным подвидом (Самые опасные ... 2018).

Кроме синантропной серой крысы (табл. 1) в ЕАО возможно ожидать инвазии и других грызунов. В населённых пунктах ЕАО, особенно расположенных вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали и вдоль р. Амур, возможно появление чёрной крысы *Rattus (gr. «rattus») rattus* Linnaeus, 1758 и восточноевропейской полёвки *Microtus (Microtus) rossiaemeridionalis* Ognev, 1924. Последние обнаружены в период 2009–2010 гг. на юге Хабаровского края по побережью залива Советская Гавань (Картавцева и др. 2011а), куда они могли попасть в вагонах с зерном по железной дороге. Неудивительно, что восточноевропейская полёвка уже обосновалась также и в Хабаровске (Шереметьева и др. 2022).

Восточная крыса *Rattus (gr. «rattus») tanezumi* Temminck, 1844 была ошибочно указана для ЕАО (Павлинов, Лисовский 2012) на основе неверной интерпретации факта поимки в природном биотопе в 14 км к востоку от г. Биробиджан в урочище Икуринские Сады экземпляра с промежуточными признаками (Картавцева и др. 2011б), который в дальнейшем был определён как *Rattus norvegicus caraco* (И. В. Картавцева, личное сообщение).

Не только самостоятельные вселенцы, но и виды-интродуценты нередко заселяют не намеченные человеком, а соседние районы, расположенные за пределами мест их выпуска, как произошло с бобрами, изначально заселёнными в сопредельные районы Хабаровского края. Обыкновенного речного бобра выпустили в 1964 г. на р. Немта восточнее г. Хабаровск. По собранным нами и сотрудниками дирекции ООПТ ЕАО данным, в настоящее время вид поднялся в Среднее Приамурье, так как 16.04.2021 г. самец был добыт на р. Третья Щукинка, а самка найдена 27.11.2021 г. в р. Вертопрашиха у п. Октябрьское, Ленинского района ЕАО (до вида этих животных определили А. Ю. Олейников и А. П. Савельев). Канадские бобры были выпущены в 1971 г. в Хабаровском крае на р. Улика бассейна р. Кур (Сафонов и др. 1983). По опросным данным, вид распространился по бассейну Тунгуски и летом 2018 г. был отмечен в пределах ЕАО на р. Урми в 30 км выше устья р. Ин. Самостоятельное расселение бобров по водоёмам области можно считать положительным результатом, если учесть, что обыкновенный бобр обитал в Приамурье ещё в раннем средневековье (Алексеева 1974).

Проведённая в XX веке акклиматизация на юге Дальнего Востока ондатры и американской норки также являются, по нашему мнению, положительным примером интродукции млекопитающих в бассейн Амура, где для них нашлись незаполненные экологические ниши. По крайней мере, в ЕАО нами не было выявлено отрицательных последствий от этой интродукции.

Кроме вселения чужеродных видов важно отметить ещё одну негативную тенденции в биоразнообразии ЕАО – сокращение численности и вымирание ряда нативных видов, в том числе повсеместно редких и охраняемых на федеральном уровне. К настоящему времени в области полностью исчезли леопард *Panthera pardus* Linnaeus, 1758, красный волк *Cuon alpinus* Pallas, 1811, амурский горал *Naemorhedus caudatus* Milne-Edwards, 1867 (Красная книга ... 2014; 2021) и северный олень *Rangifer tarandus* (Linnaeus, 1758).

Амурский подвид леопарда, занесённый в Красную книгу РФ (2021) и Приморского края (2005), обитал на хр. Малый Хинган в пределах нынешней ЕАО до начала XX века. Путешествовавший по поручению Морского ведомства Российской империи в 1860–1861 гг. по югу Дальнего Востока этнограф С. В. Максимов записал многочисленные встречи казаков с леопардами (в оригинале текста барсы) на Малом Хингане (Максимов 1871). Также подобную информацию публикует А. М. Никольский (1889) со слов Л. И. Шренка, называя его ирбисом. Последний доказанный случай добычи леопарда имел место на хребте Даур в 1930-х гг.; шкура животного запечатлена на плечах одного из местных жителей в конце фильма «Искатели счастья» 1936 г. выпуска, снятого на территории ЕАО (Бурик и др. 2018).

Красный волк считается вымершим не только в ЕАО, но и в России. Вид включён в Красную книгу России (2021) и региональную Красную книгу Еврейской автономной области (2014). Последняя документированная добыча вида в СССР была в Смидовичском р-не ЕАО (Сысоев 1960; Бурик и др. 2018). По личному сообщению государственного инспектора заповедника «Бастак» А. Бруслановского, волк был замечен на территории нынешнего Забеловского кластера заповедника в конце 1990-х гг. Поскольку после этого случая следов зверя больше не замечали, вид не внесён в список териофауны заповедника.

Амурский горал – третий вымерший в ЕАО вид, занесённый в Красную книгу РФ (2021) и региональную Красную книгу ЕАО (2014). Опросные сведения о встречах горалов поступали с хр. Малый Хинган до 1982 г. В XX веке горала встречали между посёлками Радде и Помпеевка (Бурик и др. 2018).

Северный олень в диком виде обитал на севере области, где эвенками-биралами разводились его полудикие стада вплоть до середины XX века (Маак 1859; Бурик и др. 2018; Арсеньев 2022). По личному сообщению С. Бондарчука в июне 1988 или 1989 г., самка с оленёнком была отмечена в окрестностях пасеки у ключа Бобровский в бассейне р. Бира, в 11 км к западу от р. Никита и п. Бира (Облученский р-н ЕАО). Там же, по уверениям местных пасечников, они иногда добывали северных оленей в 1980-е годы. В настоящий момент вид отмечается визуально, по следам, по помёту в Хабаровском крае в 60–100 км к северу от границы ЕАО в верховьях р. Урми на р. Сынчуга (ориг. данные).

На сегодняшний день единственным положительным примером восстановления ранее вымершего в ЕАО вида является тигр. В XX веке последний амурский тигр был убит в 1989 г. у с. Головино, ЕАО, и только начиная с 2006 г. эти большие кошки опять самостоятельно стали заселять область, а с 2013 г. началась программа реинтродукции тигров, и процесс заселения пошёл ещё интенсивнее (Полковникова 2015; Бурик и др. 2018; Красная книга... 2021; Рожнов и др. 2021).

Распределение териофауны по кластерам заповедника «Бастак»

Как уже отмечено выше, заповедник «Бастак» состоит из трёх кластеров, расположенных в трёх районах ЕАО: Биробиджанском, Облученском и Смидовичском (рис. 1). Организация заповедника «Бастак» началась с кластера «Центральный», это самый большой и наиболее разнообразный как по ландшафтам, так и по видовому составу флоры, микобиоты и фауны кластер заповедника (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022). Разнообразие природных условий кластера «Центральный» благоприятны для жизнедеятельности различных видов млекопитающих. Изучение териофауны этого кластера началось ещё в 1960-е годы силами сотрудников Института внутренних экологических проблем (ИВЭП) ДВО РАН (Сапаев 1965), далее оно было продолжено сотрудниками заповедников «Бастак» и «Хинганский», Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН и Биолого-почвенного института (ныне ФНИЦ Биоразнообразия) ДВО РАН.

Наземные позвоночные кластера «Центральный» представлены видами приамурского (маньчжурского), восточносибирского и монголо-даурского фаунистических комплексов. В кластере хорошо развиты лугово-болотные (вейниковые, осоковые и разнотравные луга), лесные (темнохвойные, хвойно-широколиственные, лиственничные, лиственнично-белоберёзовые, дубово-липово-широколиственные, берёзово-осиновые, дубово-черноберёзовые и пойменные чазениево-ивовые леса), также водные (горные и равнинные реки, озёра равнин) биотопы. На высотах более километра также представлены участки горной тундры (гольцы).

В соответствии с преобладающими биотопами в териофауне кластера наиболее разнообразны обитатели таёжных лесов, открытых пространств, лугов и болот. Фоновыми видами млекопитающих для этой территории являются косуля, изюбрь, кабан, американский лось, кабарга, волк, лисица, енотовидная собака, бурый и белогрудый медведи, белка, выдра, ондатра, соболь, северная пищуха, маньчжурский заяц, полёвка Максимовича, полевая и восточноазиатская мыши, средняя бурозубка и некоторые другие виды. Значение этого кластера особенно велико для млекопитающих, обитающих в южном предгорье Буреинского хребта. Именно через «Центральный» в 2006 г. началось повторное самостоятельное вселение амурских тигров в ЕАО. В 2013 г. здесь же впервые в мире стартовал проект по реинтродукции тигров, успешно продолжающийся по сию пору в ЕАО, Архаринском районе Амурской области, в Буреинском и Хабаровском районах Хабаровского края.

В последние два года отмечены новые места встреч кабарги в северной (р. Малый Сореннак) и западной (г. Скалистая Сопка) частях кластера, что указывает на медленное расселение этого вида в зоне темнохвойных, хвойно-широколиственных и лиственничных лесов заповедника. Подобных фактов не отмечено на остальной территории ЕАО, где данный вид добывается.

В таблицу 2 не включены красный волк и обыкновенный бобр, так как красный волк вымер в ЕАО ещё до организации кластера «Забеловский», а обыкновенные бобры пока не встречены на территории этого кластера, хотя это единственный водный путь, по которому данные животные могли попасть из Хабаровского края в 2020–2021 гг. по р. Амур в Биробиджанский и Ленинский районы ЕАО. В данный момент не отмечено ни самих бобров, ни следов их деятельности в кластере «Забеловский». Однако имеется информация из приграничных китайских источников о встречах двух бобров. По данным научного сотрудника заповедника «Хунхэ» (Хэйлунцзян, КНР) Л. Бин, в 12 км выше по течению р. Амур от западной границы кластера «Забеловский», в амурской протоке у о-ва Гольдинский вблизи пос. Бачаксианг (Bachaxiang)

Бача-Нанайской национальной волости визуально отмечен бобр. Также имеется видео бобра телерадиокомпании г. Цзямусы от 9.07.2021 г. с правого берега Амура, из Цзецзинькоу-Нанайской национальной волости (15 км на восток от п. Ленинское, ЕАО). Эта информация была предоставлена и адаптирована сотрудником китайского резервата «Синкай-ху» В. Ф. Кунем.

Амурский ёж, вероятно, вымер, так как последние его визуальные встречи были в 2000 и 2001 гг. в верховьях р. Большой Сореннак и р. Бастак. Данный район не подвергался значительному антропогенному воздействию, здесь много перестойных темнохвойных, хвойно-широколиственных, лиственничных и широколиственных лесов. Низкую частоту встреч ежей на данной территории мы объясняем высокой плотностью обыкновенного филина *Bubo bubo* (Linnaeus, 1758) и азиатских барсуков, которые с лёгкостью добывают ежей (ориг. данные). Реинтродукция ежа в данный кластер, по нашему мнению, должна входить в число приоритетных природоохранных мероприятий заповедника.

Обыкновенная кутора не отлавливалась в заповеднике, но была многократно замечена визуально в верховьях р. Икура (в 4 км ниже истока) у кордона «Рябиновый» (квартал 81) и на ручье в верховьях р. Большой Сореннак (квартал 45). Землеройки активно перемещались под водой и по берегам реки в поисках беспозвоночных и рыбы (Капитонова и др. 2012; ориг. данные).

Амурская и восточная ночницы многократно отлавливались в среднем течении р. Бастак (квартал 100) в июне-июле 2007 г. во время массового отлова птиц паутиными сетями и последующего кольцевания; для видового определения были изъяты всего по одной особи каждого вида (Капитонова и др. 2012).

Ночницы Иконникова многократно были отмечены с 25 по 31 августа 2001 г. как одиночные особи на бывшей пасеке в 32 километрах к северу от г. Биробиджан (квартал № 84), во время массового отлова птиц паутиными сетями и последующего кольцевания; для видового определения была изъята всего одна особь (Капитонова и др. 2012).

Длиннохвостая мышовка многократно отловлена в двух точках кластера у останцовой сопки в среднем течении р. Бастак, устье ключа Ржавый (квартал 140, окрестности КФХ «Ивакина»), 1–4 зверька на 100 конусо-суток, и 4 августа 2019 г. у кордона «Дубовый» на склоне г. Дубовая Сопка отловлена одна особь из 18 особей грызунов и землероек, отловленных за трое суток на стаканчики и давилки. Эти места покрыты дубово-липово-черноберезовыми лесами (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012; Фауна и животное население 2020, 2021, 2022).

Харза визуально встречена лишь однажды летом 1989 г. в верховьях р. Бастак (квартал 45) бывшим начальником охраны заповедника П. В. Збань (Капитонова и др. 2012). Также один раз в феврале 2015 г. мною была замечена по снегу следовая дорожка одной особи харзы (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022). Вид отсутствует в Красной книге ЕАО 2014 г., но в 2022 г. включён в новый Красный список области.

Солонгой отмечался по следам и визуально (опросные данные). Так, следы солонгоя были зарегистрированы в феврале 2011 г., в феврале 2016 г. и в ноябре 2020 г. При пересчёте встречаемости следов на площадь кластера примерная численность солонгоев составила в эти годы 1.2 и 21 особи, соответственно. В ходе опроса государственные инспекторы охраны природы заповедника «Бастак» сообщили о нескольких встречах мелких кунных, по описанию похожих на солонгоев. Одиночная особь была замечена в заповеднике «Бастак» госинспектором Ю. Ю. Шониным в декабре

2012 г. из автомобиля на перекрёстке автодорог Кукан-Биробиджан и Чита-Находка (автотрасса «Амур») у песчаного карьера в 1 км к югу от охранной зоны заповедника «Бастак». Три года спустя, в декабре 2015 г., госинспекторы Ю. Ю. Шониным и И. Л. Полковников встретили другую особь на дороге южнее г. Дубовая Сопка (Аверин 2022b).

Дальневосточный лесной кот отмечен лишь однажды 25 мая 2021 г. с помощью фотоловушки в верховьях р. Большой Сореннак в период затопления равнинных участков поймы р. Ин (PrimaMedia 2021b).

Северный олень вымер в XX веке в пределах ЕАО (Маак 1859; Арсеньев 2022). Поскольку 2/3 кластера «Центральный» расположено в Облученском районе, реинтродукция этого вида имеет приоритетное значение в природоохранных мероприятиях заповедника и области в целом.

В современный период на территории кластера «Центральный» обитает амурский тигр и 10 видов из Красного списка ЕАО. Тигры отмечаются ежегодно (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022), в 2022 г. замечены две размножающиеся самки (ориг. данные). отмечены миграции сибирской косули, бурого медведя, белки в широтном направлении с территории Хабаровского края в ЕАО и обратно (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022).

Наибольшему антропогенному воздействию подвергается южная граница кластера «Центральный», а также участок автодороги Биробиджан-Кукан, дорога проходит через всю центральную часть кластера. До трети (5–30%) территории с юга и юго-востока претерпевают ежегодные пожары. Наиболее нетронутые человеческой деятельностью участки расположены на северо-западе кластера. Это горные районы, покрытые разнообразными перестойными лесами таёжного типа, где за весь период существования заповедника ни разу не было пожаров.

Изучение териофауны несколько меньшего по размерам кластера «Забеловский» началось ещё в 1960-е годы силами сотрудников ИВЭП ДВО РАН (Сапаев 1965) до организации ООПТ, а с 1999 г. после организации областного заказника «Забеловский» исследования проводились силами сотрудников Государственного комитета по охране окружающей среды ЕАО. Затем с 2001 г. это было продолжено сотрудниками заповедников «Бастак» и «Хинганский», а также Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН.

В фаунистическом отношении среди наземных позвоночных преобладают виды приамурской (маньчжурской), восточносибирской и монголо-даурской фаун. В кластере наиболее разнообразными по числу обитающих видов позвоночных животных являются открытые пространства лугов и болот. В экологическом отношении здесь обитают представители лугово-болотных (вейниковые, осоковые и разнотравные луга), лесных (берёзово-осиновые и дубово-черноберёзовые леса и ивовые редколесья) и водных биотопов амурской поймы.

Фоновыми видами млекопитающих для этой территории считаются сибирская косуля, кабан, лисица, енотовидная собака, бурый медведь, колонок, выдра ондатра, зайцы беляк и маньчжурский, азиатский бурундук, серая крыса, большая полёвка, полевая и восточноазиатская мыши, большая белозубка. В широтном направлении отмечены миграции сибирской косули, бурого медведя с территории ЕАО в КНР и обратно (Фауна и животное население 2020, 2021, 2022).

Плотность и численность охотничьих видов невысоки, уже не ежегодно отмечается миграция сибирской косули с левобережья Амура на китайскую приграничную территорию. Однако значение этой территории для существования млекопитающих

велико – она всё более превращается в изолированный антропогенным ландшафтом биogeографический «остров». С севера территория перекрыта железной и шоссейной дорогами с оживлённым движением транспорта и обширными безлесными пространствами, с юга ограничена Амуром, правобережье которого также сильно освоено под рисосеяние и кукурузу, с юго-запада примыкают китайские резерваты «Синзцян» и «Бачадао», через которые происходит обмен животными по р. Нанцзян с другим китайским резерватом «Хунхэ» и в целом с северо-востоком провинции Хейлунцзян, с востока кластер ограничен пригородной зоной г. Хабаровска. Таким образом, очевидна важная региональная и международная роль в сохранении млекопитающих водно-болотных и лесных угодий кластера как элемента экологического каркаса большой трансграничной территории.

Из редких видов на территории кластера «Забеловский» отмечался тигр, но не ежегодно, а в качестве единичных проходящих особей (Рожнов и др. 2021).

Обыкновенная кутора не отлавливалась, но была встречена визуально на берегах оз. Забеловское, проток Крестовая и Чёртовая, квартал 192. Периодически по берегам проток Чёртовая и Крестовая находили кучки пустых раковин водных улиток, оставленных крупной землеройкой на местах кормления (ориг. данные).

Солонгой отмечался по следам в декабре 2021 г. в окрестностях озёр Забеловское и Улановское. При пересчёте числа двух встреч следов на площадь кластера численность зверьков составила от 1.8–1.9 до 18–19 особей (Аверин 2022b).

Дальневосточный лесной кот отмечен дважды. Первый раз одна погибшая особь была конфискована пограничниками у китайских нарушителей зимой 2010 г. в районе острова Забеловский на р. Амур, в окрестностях пограничной заставы «Забеловская» (Капитонова и др., 2012). Второй раз была встречена одна особь госинспектором А. А. Кутиным в феврале 2014 г. на юго-западной границе мелиоративных клеток к югу от пос. Партизанское.

Красный волк вымер в XX веке в пределах кластера, как и везде на Дальнем Востоке. Также в пределах кластера «Забеловский» считаются исчезнувшими изюбрь, американский лось, соболь, белка, ёж. Эти виды ещё обитают в кластере «Центральный», и их реинтродукция в пойму р. Амур в кластер «Забеловский» должна, по нашему мнению, иметь приоритетное значение в природоохранных мероприятиях заповедника.

Начиная с 2013 г., около 30% южной части территории кластера подвергается частым затоплениям во время разливов Амура, приобретающих ежегодный характер во второй половине лета. Данный факт наряду с периодически возникающими ежегодными пожарами обедняет видовой состав фауны, поскольку происходят изменения в биотопах, прежде всего в растительности (Аверин 2021).

На территории ЕАО за последние 30 лет по данным опроса и личным наблюдениям отмечено пять встреч пятнистых оленей, из них в заповеднике «Бастак» три встречи. Так, в 1999 г. одна особь отмечена в пойме р. Митрофановка (кластер «Центральный»), и две особи 2003 г. в пойме р. Забеловка (кластер «Забеловский»). Двух оленей, по данным опроса госинспекторов заповедника «Бастак» и дирекции ООПТ ЕАО, отмечали в конце 1990-х годов за пределами заповедника у посёлков Валдгейм и Радде (ориг. данные). Ближайшим современным районом обитания дикой группировки этого вида является бассейн р. Хор, Хабаровский край (Красная книга... 2019). Также в 1990-е годы в городских округах Хэган и Цзямусы на севере провинции Хэйлунцзян (КНР) было несколько оленьих ферм, занимавшихся производством пантов. В 2000-е большинство этих ферм с пятнистыми оленями было

ликвидировано, но некоторые существуют и сейчас. В настоящий момент ближайшие к ЕАО места разведения пятнистых оленей расположены у гор. Цзямусы, где выращиваются до 7000 пятнистых оленей на площади более 1000 га (K.sina.com.cn 2021).

Дендропарк г. Биробиджана – третий и самый маленький планируемый кластер в составе заповедника «Бастак». Он расположен в городской черте Биробиджана, его окружают участки дубово-липово-черноберёзовых лесов и частная застройка (дачные участки, посёлки, горнолыжная база, автодорога). Данная территория представляет собой холмистую возвышенность предгорий хр. Шухи-Пактой, полностью покрытую дубово-липово-черноберёзовым лесом и ежегодно подвергающуюся пожарам со стороны прилегающего пригорода.

Териофауна этого кластера целенаправленно не изучалась, но по визуальным встречам попутно в ходе орнитологических, энтомологических и ботанических работ сотрудниками заповедника здесь было отмечено несколько видов млекопитающих (табл. 2).

Из редких видов вблизи дендропарка отмечались два вида ночниц амурская и Иконникова (Фрисман, Горобейко 2021). В будущем возможны встречи амурского ежа, поскольку он замечен в 5–10 км от границы дендропарка в заказнике «Шухи-Поктой» (ориг. данные).

В таблице 2 приведены 60 видов и подвидов млекопитающих с указанием их встречаемости в трёх кластерах заповедника и оценкой частоты встречаемости по шести категориям (Аверин и др. 2017).

Заключение

Таким образом, к 2022 г. териофауна заповедника «Бастак» включает 60, а всей ЕАО 68 видов и подвидов, что составляет около 90% разнообразия териофауны Среднего Приамурья по наиболее современной оценке этого региона (Кадетова 2020).

Ранее в заповеднике были известны 55 видов и подвидов млекопитающих (Аверин и др. 2017; Аверин 2021). В данной работе к этому списку добавлены ещё четыре вида (амурский ёж, пятнистый олень, домашние собака и кошка) и один подвид серой крысы (пасюк).

Амурский ёж отсутствовал в прежних списках териофауны заповедника (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012), так как он отмечался только до 2001 г. В данной работе этот вид указан как малочисленный, но, вероятно, присутствующий в заповеднике (Кадетова 2020).

Домашние собака и кошка не попали в прежние видовые списки (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012), так как мы ошибочно полагали, что информация о синантропных видах негативно отразится на имидже ООПТ.

Пятнистый олень не был включён (Аверин, Бурик 2007; Капитонова и др. 2012), так как кластер «Забеловский» официально стал частью заповедника 13 марта 2014 г. (Распоряжение Правительства РФ № 361-р), а информацию о встрече пятнистого оленя в пределах кластера «Центральный» мы получили уже после публикации последнего списка (Капитонова и др. 2012).

Включение двух подвидов серой крысы в обновлённый список млекопитающих заповедника в целом не противоречит современному представлению о природном и инвазивном участках ареала этого вида на востоке России. Для того, чтобы прояснить взаимоотношения крыс, относящихся к популяциям нативного ареала, и вселенцев, выяснить, какие формы представлены на данной территории, необходимы комплексные эколого-генетические исследования. Имеющиеся работы

Табл. 2. Видовой состав и численность териофауны трёх кластеров заповедника «Бастак» с 1997 по 2022 гг.

Table 2. Species composition and abundance of the mammal fauna of the Bastak Nature Reserve's three clusters from 1997 to 2022.

№ п. п.	Вид Species		Название кластеров Cluster name		
	Русское название	Латинское название	Центральный	Забеловский	Дендропарк
1	2	3	4	5	6
1.	Амурский ёж	<i>Erinaceus amurensis</i> Schrenk, 1858	*	-	-
2.	Уссурийская бело-зубка	<i>Crocidura (Crocidura) lasiura</i> Dobson, 1890	*****	*****	-
3.	Обыкновенная кутора	<i>Neomys fodiens</i> Pennant, 1771	***	***	-
4.	Тундряная (тундровая) бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (gr. «araneus») tundrensis</i> Merriam, 1900	-	*****	-
5.	Крупнозубая (тёмнозубая) бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (gr. «araneus») daph-aenodon</i> Thomas, 1907	****	****	-
6.	Средняя бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (gr. «caecutiens») caecutiens</i> Laxmann, 1785 (1788)	*****	*****	-
7.	Когтистая бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (gr. «caecutiens») unguiculatus</i> Dobson, 1890	****	****	-
8.	Равнозубая бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (gr. «caecutiens») isodon</i> Turov, 1924 (1936)	*****	*****	-
9.	Плоскочерепная бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (? gr. «caecutiens») roboratus</i> Hollister, 1913	****	****	-
10.	Тонконосная (дальневосточная) бурозубка	<i>Sorex (Sorex) (? gr. «minutus» aut «caecutiens») gracillimus</i> Thomas, 1907	****	-	-
11.	Крошечная бурозубка (бурозубка Черского)	<i>Sorex (Sorex) (? group) minutissimus</i> Zimmermann, 1780	***	***	-
12.	Амурская ночница	<i>Myotis (Myotis) bombinus</i> Thomas, 1905	**	-	**
13.	Ночница Иконникова	<i>Myotis («Leuconoe») ikonnikovi</i> Ognev, 1912	**	-	**
14.	Восточная ночница	<i>Myotis («Leuconoe») petax</i> Hollister, 1912	***	***	**
15.	Сибирская ночница	<i>Myotis (Aeorestes) sibirica</i> Kaschenko, 1905	**	-	-
16.	Ушан Огнёва (сибирский ушан)	<i>Plecotus ognevi</i> Kishida, 1927	***	-	**
17.	Двухцветный кожан	<i>Vespertilio murinus</i> Linnaeus, 1758	***	-	***

1	2	3	4	5	6
18.	Северная пищуха	<i>Ochotona (Pika)</i> (gr. «alpina») <i>hyperborea</i> Pallas, 1811	*****	-	-
19.	Заяц-беляк	<i>Lepus timidus</i> Linnaeus, 1758	***	****	**
20.	Маньчжурский заяц	<i>Lepus mandshuricus</i> Radde, 1861	****	****	**
21.	Обыкновенная летяга	<i>Pteromys volans</i> Linnaeus, 1758	*****	****	**
22.	Обыкновенная белка	<i>Sciurus (Sciurus) vulgaris</i> Linnaeus, 1758	*****	-	**
23.	Азиатский бурундук	<i>Tamias (Eutamias) sibiricus</i> Laxmann, 1769	*****	*****	****
24.	Длиннохвостая мышовка	<i>Sicista caudata</i> Thomas, 1907	***	-	-
25.	Ондатра	<i>Ondatra zibethicus</i> Linnaeus, 1766	*****	*****	-
26.	Красносерая полёвка	<i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846	*****	*****	-
27.	Красная полёвка	<i>Myodes rutilus</i> Pallas, 1779	*****	*****	-
28.	Полёвка Максимовича	<i>Alexandromys</i> (gr. «maximowiczii») <i>maximowiczii</i> Schrank, 1859	*****	-	-
29.	Восточная полёвка	<i>Alexandromys</i> (gr. «fortis») <i>fortis</i> Buchner, 1889	*****	*****	-
30.	Мышь-малютка	<i>Micromys minutus</i> Pallas, 1771	*****	*****	***
31.	Восточноазиатская мышь	<i>Apodemus (Alsomys) peninsulae</i> Thomas, 1907	*****	*****	*****
32.	Полевая мышь	<i>Apodemus (Apodemus) agrarius</i> Pallas, 1771	*****	*****	*****
33.	Домовая мышь	<i>Mus (Mus) musculus</i> Linnaeus, 1758	***	*****	***
34.	Серая крыса, номинативный подвид (пасюк)	<i>Rattus norvegicus norvegicus</i> Berkenhout, 1769	***	-	-
35.	Серая крыса, подвид (карако)	<i>Rattus norvegicus caraco</i> Pallas, 1779	-	*****	-
36.	Волк	<i>Canis (Canis) lupus</i> Linnaeus, 1758	***	**	**
37.	Домашняя собака	<i>Canis (Canis) familiaris</i> Linnaeus, 1758	**	**	***
38.	Енотовидная собака	<i>Nyctereutes procyonoides</i> Gray, 1834	*****	*****	**
39.	Обыкновенная лисица	<i>Vulpes (Vulpes) vulpes</i> Linnaeus, 1758	***	****	**

1	2	3	4	5	6
40.	Белогрудый медведь	<i>Ursus (Euarctos) thibetanus</i> G. Cuvier, 1823	***	**	**
41.	Бурый медведь	<i>Ursus (Ursus) arctos</i> Linnaeus, 1758	***	***	**
42.	Соболь	<i>Martes (Martes) zibellina</i> Linnaeus, 1758	****	-	-
43.	Харза	<i>Martes (Charronia) flavigula</i> Boddaert, 1785	*	-	-
44.	Росомаха	<i>Gulo gulo</i> Linnaeus, 1758	*	-	-
45.	Азиатский барсук	<i>Meles leucurus</i> Hodgson, 1847	****	*****	**
46.	Солонгой	<i>Mustela (Gale) altaica</i> Pallas, 1811	**	**	-
47.	Ласка	<i>Mustela (Gale) nivalis</i> Linnaeus, 1766	****	****	**
48.	Колонок	<i>Mustela (Kolonokus) sibirica</i> Pallas, 1773	****	*****	**
49.	Американская норка	<i>Mustela vison</i> Schreber, 1777	***	***	-
50.	Речная выдра	<i>Lutra lutra</i> Linnaeus, 1758	***	***	-
51.	Амурский тигр	<i>Panthera tigris altaica</i> Temminck, 1844	**	*	**
52.	Домашняя кошка	<i>Felis (Felis) catus</i> Linnaeus, 1758	*	*	**
53.	Дальневосточный лесной кот	<i>Prionailurus bengalensis euphilura</i> Elliot, 1871	*	**	-
54.	Рысь	<i>Lynx lynx</i> Linnaeus, 1758	**	**	-
55.	Кабан	<i>Sus scrofa</i> Linnaeus 1758	**	***	**
56.	Пятнистый олень	<i>Cervus nippon</i> Temminck, 1838	*	*	-
57.	Изюбрь	<i>Cervus (Elaphus) canadensis</i> Erxleben, 1777	****	*	**
58.	Сибирская косуля	<i>Capreolus (Capreolus) pygargus</i> Pallas, 1771	*****	*****	***
59.	Американский лось	<i>Alces (Alces) americanus</i> Clinton, 1822	***	*	-
60.	Кабарга	<i>Moschus moschiferus</i> Linnaeus, 1758	***	-	-
***** – Многочисленные виды			21	18	2
**** – Обычные виды			2	5	1
*** – Немногочисленные виды			11	6	
** – Редкие виды			13	5	6
* – Очень редкие виды			6	7	16
* – Нежилые, редко заходящие виды			5	4	

по генетической дифференциации и истории формирования мирового ареала серой крысы практически не охватывают территорию России (Puckett et al. 2016).

В XX веке в ЕАО вымерло четыре вида крупных животных – два травоядных (горал и северный олень) и два хищных (леопард и красный волк). Следовательно, наибольший приоритет в природоохранных мерах региона должен отдаваться именно травоядным и хищным млекопитающим, как наиболее подверженным негативным антропогенным и климатическим воздействиям.

В связи с этим на территории кластеров «Центральный», «Забеловский» и «Дендропарк» уже много лет проводятся биотехнические мероприятия по поддержанию кормовой базы тигров и древообитающих видов. Установлено пять подкормочных площадок для копытных и несколько солонцов вблизи кордонов в двух крупнейших кластерах. Во всех кластерах развешено несколько десятков дуплянок для гнездования, отдыха и размножения птиц, но периодически в них так же размножаются и отдыхают мелкие млекопитающие: бурундуки, летяги, летучие мыши, белки, куницы.

В целях противодействия пожарам по южной границе кластера «Центральный», северной границе кластера «Забеловский» и вокруг кластера «Дендропарк» ежегодно обновляются минерализованные полосы. Данные противопожарные мероприятия однозначно способствуют сохранению биологического разнообразия и повышенной численности ряда видов териофауны заповедника «Бастак».

Не только в заповеднике, но и в других организациях ООПТ ЕАО целесообразно проведение комплекса противопожарных и биотехнических мероприятий с установкой дополнительных подкормочных площадок с солонцами, высадкой полей или полос кормовых растений (просо, горох, топиамбур и др.), установка дуплянок различного размера на деревья, создание искусственных нор, логова, берлог, пещер.

Также весьма желательно увеличить площади ООПТ за счёт лугов и водноболотных угодий Приамурья, улучшить биотехнику как в горнолесных районах, так и на равнинах, и усилить контроль за охотничьей деятельностью. Нынешняя система ООПТ России и, ДФО в частности, направлена преимущественно на охрану и восстановление лесных и горных экосистем, так как там сохранилось разнообразие флоры и фауны, не затронутое деятельностью человека. Равнины, расположенные в пойме Амура (Среднеамурская, Хингано-Архаринская), пострадали от человеческой деятельности уже очень давно, и им требуется не просто охрана, а восстановление утраченной или сильно повреждённой экосистемы посредством ревайлдинга и, возможно, ре- и (или) интродукции некоторых видов млекопитающих (Аверин 2022а). Обсуждение этой серьёзной темы выходит за рамки данного сообщения и будет продолжено в отдельной публикации.

Благодарности

Выражаю искреннюю благодарность рецензентам статьи и редакторам журнала за ценные консультации и рекомендации по переработке текста и таблиц, подготовке окончательного, значительно улучшенного варианта рукописи. Благодарю бывших и нынешних сотрудников отдела охраны заповедника «Бастак», сотрудников Дирекции по охране объектов животного мира и особо охраняемым природным территориям ЕАО, научных сотрудников ИКАРП ДВО РАН, китайских резерватов «Хунхэ» и «Бачадао» за сведения о встречах различных видов млекопитающих и за помощь и поддержку в проведении ежегодных полевых работ на территории ЕАО с 2000 по 2022 гг.

Литература (References)

- Аверин А. А., Бурик В. Н.** 2007. Позвоночные животные Государственного природного заповедника «Бастак». – Биробиджан: заповедник «Бастак». 65 с. (Averin A. A., Burik V. N. 2007. [Vertebrates of the Bastak Nature Reserve]. Birobidzhan: Bastak Nature Reserve, 65 pp. [In Russian].)
- Аверин А. А., Бурик В. Н., Баогуанг Чж., Рубцова Т. А.** 2017. Природные условия, позвоночные животные заповедников «Бастак» (Россия) и «Хунхэ» (Китай): Сравнительный анализ // *Региональные проблемы*. Т. 20. № 3. С. 6–18. (Averin A. A., Burik V. N., Baoguang Zh., Rubtsova T. A. 2017. Natural conditions, vertebrate animals of the nature reserves Bastak (Russia) and Honghe (China): Comparative analysis. *Regional Problems* 20(3): 6–18. [In Russian].)
- Аверин А. А.** 2021. Фауна позвоночных животных кластера «Забеловский» заповедника «Бастак», «Хунхэ» и «Бачадао». В кн.: Т. А. Рубцова (ред.). Вклад заповедников «Бастак», «Хунхэ» и «Бачадао» в сохранение водно-болотных угодий и их обитателей: материалы международной заочной научной конференции, Биробиджан–Хунхэ–Тунцзян 15–20 августа 2021 г. Хунхэ. С. 16–21. (Averin A. A. 2021. Vertebrate fauna of the Zabelovsky Cluster of the Bastak Nature Reserve, “Honghe” and “Bachadao”. In: T. A. Rubtsova (ed.). Contribution of the Bastak Nature Reserve, Honghe National Nature Reserve, Bachadao National Nature Reserve to the conservation of wetlands and their inhabitants: proceedings of the International correspondence scientific conference, Birobidzhan–Honghe–Tongjiang, August 15–20, 2021. Honghe, pp. 16–21. [In Russian].)
- Аверин А. А.** 2022a. Перспективы создания биосферного полигона у границы заповедника «Бастак» // Биологическое разнообразие: изучение и сохранение. Материалы XIII Дальневосточной конференции по заповедному делу, сентябрь 2020 г., Хабаровск. Ч. 2. – Владивосток: Всемирный фонд дикой природы (WWF). С. 7–11. (Averin A. A. 2022a. Prospects for the creation of a biosphere test site near the border of the Bastak Nature Reserve. In: Biodiversity: investigation and conservation. Proceedings of the XIII Far Eastern Conference on protected areas, September 2020, Khabarovsk. Part 2. Vladivostok: WWF, pp. 7–11. [In Russian].)
- Аверин А. А.** 2022b. Солонгой *Mustela altaica* Pallas, 1811 в Еврейской автономной области (данные 2011–2021 гг.) // *Биота и среда природных территорий*. Т. 10. № 4. С. 16–24. (Averin A. A. 2022b. Altai weasel *Mustela altaica* Pallas, 1811 in the Jewish Autonomous Oblast (2011–2021 data). *Biota and Environment of Natural Areas* 10(4): 16–24. [In Russian].)
- Алексеева Э. В.** 1974. Водились ли бобры в Приморье? // *Природа*. № 5. С. 81. (Alekseeva E. V. 1974. Were there beavers in Primorye? *Priroda* 5: 81. [In Russian].)
- Арсеньев В. К.** 2022. Избранное. – Хабаровск: Дальневосточная государственная научная библиотека. 464 с. (Arseniev V. K. 2022. [Selected]. Khabarovsk: Far Eastern State Scientific Library, 464 pp. [In Russian].). https://www.fessler.ru/docs-downloads/2022/09_22/442Arseniev_m.pdf
- Бурик В. Н., Будилов П. В., Макаренко В. П., Аверин А. А., Фрисман Л. В.** 2018. Зоологическое разнообразие // Е. Я. Фрисман (ред.). География Еврейской автономной области: общий обзор – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН. С. 123–144. [Электронный ресурс]. (Burik V. N., Budilov P. V., Makarenko V. P., Averin A. A., Frisman L. V. 2018. Zoological diversity. In: E. Ya. Frisman (ed.). Geography of the Jewish Autonomous Region: a general overview. – Birobidzhan: IKARP FEB RAS, pp. 123–144. [In Russian].) <http://xn--80apgvexn--plai/konferens/monografii/geografiya-eao/>
- Грум-Гржимайло Г. Е., Семёнов П. П.** 1894. Описание Амурской области. – СПб.: типо-лит. и переплетная С. М. Николаева. 640 с. (Grum-Grzhimailo G. E., Semyonov P. P. 1894. [Description of the Amur Region]. St. Petersburg: tipo-lith. and bookbinding of S. M. Nikolaev. 650 pp.. [In Russian].)
- Долгих А. М.** 2007. Мелкие млекопитающие равнинных ландшафтов заповедника «Бастак» (Еврейская автономная область) // Материалы международной научно-практической конференции «Охрана и научные исследования на особо охраняемых природных территориях Дальнего Востока и Сибири» 10–12 августа 2007 г., Чегдомын. Хабаровск: Приамурское географическое общество. С. 73–82. (Dolgikh A. M. 2007. [Small mammals of the plain landscapes of the Bastak Nature Reserve (Jewish Autonomous Region)]. In: Proceedings of the International Conference “Protection and scientific research in protected natural areas of the Far East and Siberia”, August 10–12, 2007, Chegdomyn. Khabarovsk: Amur Geographical Society, pp. 73–82. [In Russian].)
- Информагентство ХКС.** 2021. Живущего среди тигров коня отловили в хабаровской тайге. (HKS news agency. 2021. [A horse living among tigers was caught in the Khabarovsk taiga]. [In Russian].). <https://todaykhv.ru/news/in-areas-of-the-province/49671/> (accessed on 1 November 2021)

- Кадетова А. А.** 2013. Охраняемые виды млекопитающих Среднего Приамурья. Наземные экосистемы // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 15. № 3(1). С. 467–471. (**Kadetova A. A.** 2013. Protected species of mammals in the Middle Amur region. Terrestrial ecosystems. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences* 15(3/1): 467–471. [In Russian].)
- Кадетова А. А.** 2020. Пространственно-временная структура териофауны Среднего Приамурья: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23. – М. 311 с. (**Kadetova A. A.** 2020. [Spatio-temporal structure of the theriofauna of the Middle Amur R. basin]: dis. ... kand. geogr. nauk: 25.00.23. Moscow, 311 pp. [In Russian].)
- Каменецкий И. В.** 1936. Природные богатства Еврейской автономной области. – Москва: изд-во «Эмес». 19 с. (**Kamenetsky I. V.** 1936. [Natural resources of the Jewish Autonomous Oblast]. Moscow: Publishing house Emes, 19 pp. [In Russian].)
- Капитонова Л. В., Аверин А. А., Ростова С. А.** 2012. Класс Mammalia – Млекопитающие // Животный мир заповедника «Бастак». – Благовещенск: Издательство БГПУ. С. 208–215. (**Kapitonova L. V., Averin A. A., Rostova S. A.** 2012. Class Mammalia – Mammals. In: Fauna of Bastak Nature Reserve. Blagoveshchensk: BSPU Publishing House, pp. 208–215. [In Russian].)
- Картавецва И. В., Тиунов М. П., Лапин А. С., Высочина Н. П., Рябкова А. В.** 2011а. Инвазия полевки *Microtus rossiaemeridionalis* на территорию Дальнего востока России. // *Российский Журнал Биологических Инвазий*. № 4. С. 17–24. (**Kartavtseva I. V., Tiunov M. P., Lapin A. S., Vysochina N. P., Ryabkova A.** 2011a. Invasion of the vole *Microtus rossiaemeridionalis* into the Russian Far East. *Russian Journal of Biological Invasions* 4: 17–24. [In Russian].)
- Картавецва И. В., Фрисман Л. В., Высочина Н. П., Рябкова А. В.** 2011б. Новые данные о границах распространения мелких млекопитающих Дальнего Востока России // Териофауна России и сопредельных территорий: материалы международного совещания (IX съезда Териологического общества) 1–4 февраля 2011 г., Москва. – Москва: Т-во науч. изданий КМК. 202 с. (**Kartavtseva I. V., Frisman L. V., Vysochina N. P., Ryabkova A. V.** 2011b. [New data on the distribution limits of small mammals on the Russian Far East]. In: [Theriofauna of Russia and neighboring territories: Proceedings of the International Conference (IX Congress of the Theriological Society), February 1–4, 2011, Moscow. Moscow: KMK Sci. Press, 202 pp. [In Russian].)
- Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных (официальное издание, 2-е).* 2014. – Биробиджан. ИКАРП ДВО РАН. 183 с. ([*Red Data Book of Jewish Autonomous Oblast. Rare and endangered species of animals. Official edition, the 2nd*]. 2014. Birobidzhan: Institute of Complex Analysis of Regional Problems, Russian Academy of Sciences, 183 pp. [In Russian].)
- Красная книга Приморского края: Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Официальное издание.* 2005. – Владивосток: АВК «Апельсин». 408 с. ([*Red Data Book of Primorsky Krai. Animals. Rare and endangered species of animals. Official edition*]. 2005. Vladivostok: AVK Apelsin, 408 pp. [In Russian].)
- Красная книга Российской Федерации. Том «Животные» (2-е издание).* 2021. – Москва: ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с. ([*Red Data Book of the Russian Federation. Vol. Animal (the 2nd edition)*]. 2021. Moscow: FBGU VNIИ Ecologia, 1128 pp. [In Russian].)
- Лапин А. С.** 2013. Мелкие млекопитающие южной части Хабаровского края и Еврейской автономной области (фауна, экология, эпизоотическое значение): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Дальневост. гос. гум. ун-т. – Хабаровск. 25 с. (**Lapin A. S.** 2013. [Small mammals of the southern part of the Khabarovsk Krai and the Jewish Autonomous Oblast (fauna, ecology, epizootic significance)]: dis. kand. biol. sci. Far East State hum. University. Khabarovsk, 25 pp. [In Russian].)
- Маак Р. К.** 1859. Путешествие на Амур, совершенное по распоряжению Сибирского отдела Русского Географического Общества в 1855 г. Р. Мааком. – СПб.: изд. члена-соревнователя Сиб. отд. С. Ф. Соловьёва. 577 с. (**Maak R. K.** [Journey to the Amur, made by order of the Siberian Department of the Russian Geographical Society, in 1855, R. Maak]. St. Petersburg: publishing by S. F. Solovyov, 577 pp. [In Russian].)
- Максимов С. В.** 1871. На восток. Поездка на Амур: дорожные заметки и воспоминания С. Максимова. – СПб.: издание книгопродавца С. В. Звонарёва. С. 207–216. (**Maksimov S. V.** 1871. [To the east. A trip to the Amur: travel notes and memories of S. Maksimov]. St. Petersburg: publishing by the bookseller S. V. Zvonarev, pp. 207–216. [In Russian].)
- Нестеренко В. А.** 1999. Насекомоядные юга Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука. 172 с. (**Nesterenko V. A.** 1999. [Insectivores of the south of the Far East]. Vladivostok: Dalnauka, 172 pp. [In Russian].)

- Никольский А. М.** 1889. Остров Сахалин и его фауна позвоночных животных // *Записки Академии Наук*. Т. 60. Приложение 5. С. 1–334. (**Nikolsky A. M.** 1889. [Sakhalin Island and its vertebrate fauna]. *Memories of Academy of Sciences* 60(Suppl. 5): 1–344. [In Russian].)
- Ошмарин П. Г., Пикун Д. Г.** 1990. Следы в природе. – М.: Наука. 296 с. (**Oshmarin P. G., Pikuin D. G.** 1990. [Traces in nature]. Moscow: Nauka, 296 pp. [In Russian].)
- Павлинов И. Я., Лисовский А. А.** (ред.) 2012. Млекопитающие России: систематико-географический справочник. – М.: Т-во научн. изданий КМК. 604 с. (**Pavlinov I. Ya., Lisovsky A. A.** (eds.). 2012. *Mammals of Russia: a taxonomic and geographic reference*. M.: KMK Sci. Press. 604 pp. [In Russian].)
- Полковникова О. Н.** 2015. Амурский тигр в Еврейской автономной области. Ретроспективный анализ // *Региональные проблемы*. Том 18. № 1. С. 31–34. (**Polkovnikova O. N.** 2015. Amur tiger in the Jewish Autonomous Oblast. Retrospective analysis. *Regional Problems* 18 (1): 31–34. [In Russian].)
- Пржевальский Н. М.** 1870. Путешествие в Уссурийском крае. 1867–1869 гг. – СПб.: изд. автора. С. 265–266. (**Przhevalsky N. M.** 1870. [Journey in the Ussuri Region]. 1867–1869. St-Petersburg: the author's publishing, pp. 265–266. [In Russian].)
- Радде Г. И.** 1861. Путешествие в Юго-Восточную Сибирь (1855–1859) // *Записки Императорского Русского географического общества*. Кн. 4. С. 1–78. (**Radde G. I.** 1861. [Journey to South-Eastern Siberia (1855–1859)]. In: *Zapiski Imperatorskogo geograficheskogo obshchestva*. Book 4, pp. 1–78. [In Russian].)
- Рожнов В. В., Найдено С. В., Эрнандес-Бланко Х. А., Чистополова М. Д., Сорокин П. А., Ячменникова А. А., Блудченко Е. Ю., Калинин А. Ю., Кастрикин В. А.** 2021. Восстановление популяции амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) на северо-западе ареала // *Зоологический журнал*. Т. 100. № 1. С. 79–103. (**Rozhnov V. V., Naidenko S. V., Hernandez-Blanco H. A., Chistopolova M. D., Sorokin P. A., Yachmennikova A. A., Bludchenko E. Yu., Kalinin A. Yu., Kastrikin V. A.** 2021. Restoration of the population of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in the northwest of the range. *Zoologichsky Zhurnal* 100(1): 79–103. [In Russian].)
- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100)* (ред. Ю. Ю. Дгебуадзе, В. Г. Петросян, Л. А. Хляп). 2018. – Москва: Т-во научн. изданий КМК. 202 с. (*The most dangerous invasive species of Russia (TOP-100)* (eds. Yu. Yu. Dgebuadze, V. G. Petrosyan, L. A. Khlyap 2018. Moscow: KMK Sci. Press, 202 pp. [In Russian].)
- Сапаев В. М.** 1965. Ондатра в Приамурье // *Вопросы географии Дальнего Востока*. Сборник 7. – Владивосток: Сибирское отделение АН СССР, Приамурский филиал Географического общества. С. 236–246. (**Sapaev V. M.** 1965. [Muskrat in the Amur Region. In: *Problems of Geography of the Far East*. Collection 7]. Vladivostok: Siberian branch of the AS of the USSR, Amur Branch of the Geographical Society, pp. 236–246. [In Russian].)
- Сафонов В. Г., Савельев А. П., Павлов П. М.** 1983. Акклиматизация бобров на Дальнем Востоке // *Экология и промысел охотничьих животных*. – М.: ВНИИОЗ. С. 18–25. (**Safonov V. G., Savelyev A. P., Pavlov P. M.** 1983. [Acclimatization of beavers in the Far East. In: *Ecology and hunting animals*]. Moscow: VNIIOZ, pp. 18–25. [In Russian].)
- Син Р.** 2015. Убитого краснокнижного морского льва передадут в хабаровский музей для изготовления чучела. [Электронный ресурс]. (**Siin R.** 2015. [A dead sea lion from the Red Data Book will be handed over to the Khabarovsk Museum for making a stuffed animal]. [In Russian].). <https://www.dvnovosti.ru/khab/2015/07/02/36057/> (accessed on 30 July 2023)
- Сысоев В. П.** 1960. Охота в дальневосточной тайге. – Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во. 200 с. (**Sysoev V. P.** 1960. [Hunting in the Far Eastern taiga]. Khabarovsk: Khabarovsk publishing house, 200 pp. [In Russian].)
- Тиунов М. П., Крусков С. В., Орлова М. В.** 2021. Рукокрылые Дальнего Востока России и их эктопаразиты. – М.: Издательство «Перо». 191 с. (**Tiunov M. P., Kruskop S. V., Orlova M. V.** 2021. *Bats of the Russian Far East and their ectoparasites*. Moscow: Pero publishing house, 191 pp. [In Russian].)
- Фауна и животное население*. 2020. В кн.: Т. А. Рубцова (ред.). *Динамика сезонных явлений и процессов в природном комплексе заповедника «Бастак»*. – Биробиджан: Изд-во ФГБУ «Гос. заповед. «Бастак». С. 92–188. ([*Fauna and animal species*]. 2020. In: T. A. Rubtsova (ed.). [Dynamics of seasonal phenomena and processes of the natural complex of the Bastak Nature Reserve]. Birobidzhan: publishing by the Bastak Nature Reserve, pp. 92–188. [In Russian].)

- Фауна и животное население*. 2021. В кн.: Т. А. Рубцова (ред.). Динамика сезонных явлений и процессов в природном комплексе заповедника «Бастак». – Биробиджан: Изд-во ФГБУ «Гос. заповед. «Бастак». С. 86–158. ([*Fauna and animal species*]. 2021. In: T. A. Rubtsova (ed.). [Dynamics of seasonal phenomena and processes of the natural complex of the Bastak Nature Reserve]. Birobidzhan: publishing by the Bastak Nature Reserve, pp. 86–158. [In Russian].)
- Фауна и животное население*. 2022. В кн.: Т. А. Рубцова (ред.). Динамика сезонных явлений и процессов в природном комплексе заповедника «Бастак». – Биробиджан: Изд-во ФГБУ «Гос. заповед. «Бастак». С. 92–185. ([*Fauna and animal species*]. 2022. In: T. A. Rubtsova (ed.). [Dynamics of seasonal phenomena and processes of the natural complex of the Bastak Nature Reserve]. Birobidzhan: publishing by the Bastak Nature Reserve, pp. 92–185. [In Russian].)
- Формозов А. Н.** 1932. Формула для количественного учёта млекопитающих по следам // *Зоологический журнал*. Т. 11. Вып. 2. С. 66–69. (**Formozov A. N.** 1932. [Formula for counting mammals by footprints]. *Zoologicheskyy Zhurnal* 11(2): 66–69. [In Russian].)
- Фрисман Л. В., Горобейко У. В.** 2021. Видовое разнообразие летучих мышей Еврейской автономной области // *Региональные проблемы*. Т. 24. № 4. С. 12–24. (**Frisman L. V., Gorobeiko U. V.** 2021. Species diversity of bats in the Jewish Autonomous Region. *Regional problems* 24(4): 12–24. [In Russian].)
- Фрисман Л. В., Капитонова Л. В., Картавцева И. В., Коробицына К. В.** 2012. Некоторые данные по пространственному распространению, численности и биотопическому предпочтению мелких млекопитающих в Российском Среднем Приамурье // *Актуальные проблемы современной териологии: тезисы докладов Всероссийской научной конференции 18–22 сентября 2012 г., Новосибирск.* – Новосибирск: ООО «Сибрегион Инфо». С. 33. (**Frisman L. V., Kapitonova L. V., Kartavtseva I. V., Korobitsyna K. V.** 2012. Some data on the spatial distribution, abundance and biotopic preference of small mammals in the Russian Middle Amur Region // *Actual problems of modern theriology: abstracts of reports All-Russian scientific conference, 18–22 September, 2012, Novosibirsk.* Novosibirsk: ООО Sibregion Info, 33 p. [In Russian].)
- Фрисман Л. В., Капитонова Л. В., Картавцева И. В., Шереметьева И. Н.** 2019. Полевые сборы мелких млекопитающих на территории Малого Хингана и Буреинского хребта // *Региональные проблемы*. Том 22. № 2. С. 13–25. (**Frisman L. V., Kapitonova L. V., Kartavtseva I. V., Sheremetyeva I. N.** 2019. Field collection of small mammals on the territory of the Lesser Khingan and the Bureya Range. *Regional problems* 22(2): 13–25. [In Russian].)
- Челинцев Н. Г.** 2000. Математические основы учёта животных. – М.: Изд-во ГУ Центрохотконтроль. 431 с. (**Chelintsev N. G.** 2000. *Mathematical foundations of animal accounting*. M: Izd-vo Tsentrokhotkontrol, 431 pp. [In Russian].)
- Шереметьева И. Н., Емельянова А. А., Лапин А. С., Моролдоев И. В., Картавцева И. В.** 2022. Результаты 10-летних исследований инвазивных популяций восточноевропейской полёвки на Дальнем Востоке России // В. В. Рожнов (ред.). *Актуальные проблемы зоогеографии и биоразнообразия Дальнего Востока России: материалы Всероссийского симпозиума, Хабаровск, 29–31 марта 2022 г.* – Хабаровск: БФ «Биосфера». С. 322–326. (**Sheremetyeva I. N., Emelyanova A. A., Lapin A. S., Moroldoev I. V., Kartavtseva I. V.** 2022. Results of 10-year studies of invasive populations of the East European vole in the Russian Far East. In: V. V. Rozhnov (red.). *Actual problems of zoogeography and biodiversity of the Russian Far East: proceedings of the All-Russian Symposium, March 29–31, 2022.* Khabarovsk: FB “Biosfera”, pp. 322–326. [In Russian].)
- Юдин В. Г.** 2022. Солонгой *Mustela (Gale) altaica* Pallas, 1811 на Дальнем Востоке России // *Биота и среда природных территорий*. Т. 10. № 3. С. 5–16. (**Yudin V. G.** 2022. Mountain weasel *Mustela (Gale) altaica* Pallas, 1811 in the Russian Far East. *Biota and Environment of Natural Areas* 10(3): 5–16. [In Russian].)
- Averin A. A., Baoguang Zh., Jianping W.** 2016. Class Mammals. In: *Vertebrates of the Bastak Nature Reserve (The Russian Federation) and Honghe Nature Reserve (People’s Republic of China)*. Khabarovsk: Antar, pp. 99–107.
- Kartavtseva I. V., Sheremetyeva I. N., Pavlenko M. V.** 2021. Intraspecies multiple chromosomal variations including rare tandem fusion in the Russian Far Eastern endemic evoron vole *Alexandromys evoronensis* (Rodentia, Arvicolinae). *Comparative Cytogenetics* 15(4): 393–411. <https://doi.org/10.3897/compcytogen.v15.i4.67112>
- K.sina.com.cn.** 2021. [Drinking the clear stream quietly, sleeping in the shade of green trees – Jiamusi Linsheng Deer Industry]. (K.sina.com.cn. 2021. 静饮清溪水, 闲眠绿树荫 – 记佳木斯市林生

- 鹿业. [In Chinese].) https://k.sina.com.cn/article_1612043947_6015d6ab0010152ix.html (accessed on 2 September 2021)
- PrimaMedia.** 2021a. Труп молодой нерпы выловил рыбак в реке Тунгуска в ЕАО (**PrimaMedia.** 2021a. [The corpse of a young seal was caught by a fisherman in the Tunguska River in the Jewish Autonomous Oblast]. [In Russian].) <https://primamedia.ru/news/1068769/> (accessed on 4 March 2021)
- PrimaMedia.** 2021b. Новый вид кошачьих обнаружили учёные в заповеднике «Бастак» ЕАО. (**PrimaMedia.ru.** 2021b. [A new species of cats was discovered by scientists in the Bastak Nature Reserve of the Jewish Autonomous Oblast]. [In Russian].) <https://primamedia.ru/news/1152688/> (accessed on 30 August 2021)
- Puckett E. E., Park J., Combs M. et al.** 2016. Global population divergence and admixture of the brown rat (*Rattus norvegicus*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283: 1841. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1762>
- Radde G.** (ed.) 2018. Reisen im Süden von Ost-Sibirien in den Jahren 1855–1859, incl. Vol. 2: Im Auftrage der Kaiserlichen Geographischen Gesellschaft; Die Festlands-Ornis des Südöstlichen Sibiriens. Classic Reprint, 406 pp. [In German].)
- Schrenck L.** 1858–1900. Reisen und Forschungen im Amur-Lande in den Jahren 1854–1856. St. Petersburg: Commissionäre der K. Akademie der Wissenschaften. [In German].) <https://www.biodiversitylibrary.org/item/104491#page/7/mode/1up>
- Voyta L. L., Omelko V. E., Tiunov M. P., Vinokurova M. A.** 2020. When beremendiin shrews disappeared in East Asia, or how we can estimate fossil redeposition. *Historical Biology* 33(11): 2656–2667. <https://doi.org/10.1080/08912963.2020.1822354>

УДК 597.552.51

https://doi.org/10.25221/2782-1978_2023_2_2

<https://elibrary.ru/ijtpoh>

Предварительная оценка состояния популяций сахалинского тайменя *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856) в Приморском крае

Евгений Иванович Барабаншиков^{1✉}, Виктор Александрович Назаров¹,
Лариса Аркадьевна Прозорова²

¹Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО), Владивосток, 690091, Российская Федерация

²Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
Владивосток, 690022, Российская Федерация

✉ Автор-корреспондент, e-mail: evgeniy.barabanshchikov@tinro-center.ru

Получена 10 марта 2023 г.; принята к публикации 29 мая 2023 г.

Аннотация. Сахалинский таймень *Parahucho perryi* встречается на всём протяжении морского побережья Приморского края, но к настоящему времени самовоспроизводящиеся популяции отмечены лишь в центральном и северном приморье от р. Киевка на юге до р. Самарга на севере. В ходе экспедиционных работ Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО) в 2018–2022 гг. получены новые сведения о состоянии популяций сахалинского тайменя на северо-востоке края. На основе оригинальных и опросных данных выявлен рост численности вида в реках Единка и Самарга с окружающими их морскими акваториями. Отмечено наличие всех размерных групп от сеголетков до крупных особей массой более 20 кг. Обнаруженные факты показывают, что условия обитания и естественного воспроизводства сахалинского тайменя в Северном Приморье благоприятствуют устойчивому росту его численности. Поскольку ситуация в южных районах края отличается в худшую сторону, предложен план действий по сохранению и восстановлению популяций сахалинского тайменя в Приморском крае, главным пунктом которого является проведение комплексных исследований состояния популяций данного вида.

Ключевые слова: сахалинский таймень, *Parahucho perryi*, р. Самарга, р. Единка, Приморский край, приморье, восстановление численности, состояние популяций.

Preliminary assessment of current population status of the Sakhalin taimen, *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856), in Primorsky Krai (Russia)

Evgeny I. Barabanshchikov^{1✉}, Victor A. Nazarov¹, Larisa A. Prozorova²

¹Pacific branch VNIRO (TINRO), Vladivostok, 690091, Russian Federation

²Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russian Federation

✉ Corresponding author, e-mail: evgeniy.barabanshchikov@tinro-center.ru

Received 10 March 2023; accepted 29 May 2023

Abstract. The Sakhalin taimen, *Parahucho perryi*, occurs along the sea coast of Primorsky Krai, but to date, self-reproducing populations have only been noted in the central and northern coastal regions between the Kievka R. in the south and the Samarga R. in the north. The Pacific Branch of VNIRO (TINRO) surveyed the Sakhalin taimen populations during the field work in the north-east of Primorsky Krai in 2018–2022. New information about the current population status of the Sakhalin taimen has been obtained. On the basis of original and compiled data, a general increase in the abundance of the species in the rivers Edinka and Samarga including surrounding marine water areas was revealed. The presence of all size groups from underyearlings to large individuals weighing more than 20 kg was noted. These facts suggest that the living conditions and natural reproduction of the Sakhalin taimen in the area favor the growth of its populations. Since the situation in the southern regions is worse, an action plan has been proposed for conservation and restoration of the species populations in Primorsky Krai, the main point of which is the need to conduct a comprehensive study of the state of Sakhalin taimen populations.

Key words: Sakhalin taimen, *Parahucho perryi*, Samarga River, Edinka River, Primorsky Krai, seaside area, population recovery, population status.

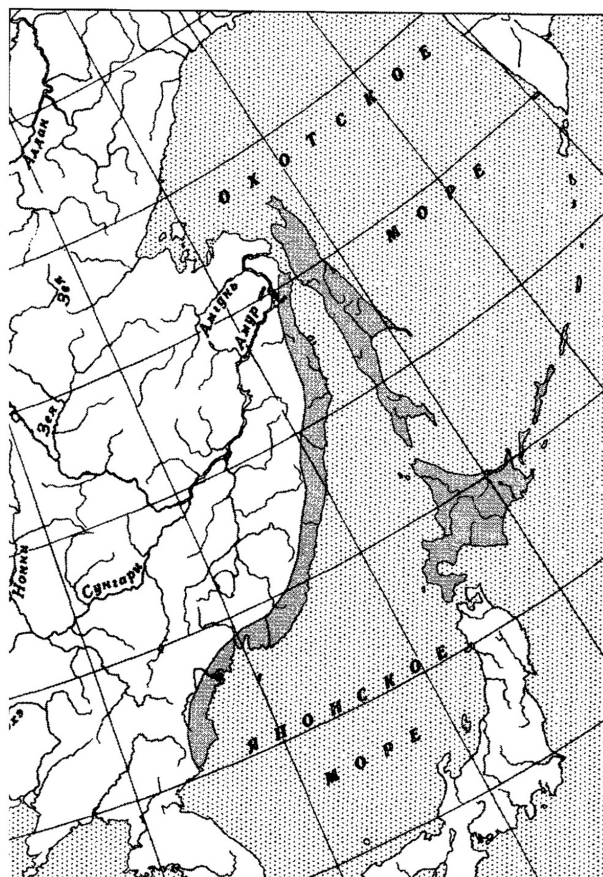
Введение

Таймени – самые крупные представители лососевых рыб, достигающие в длину двух метров и при благоприятных условиях способные жить до 30 лет. Все пять видов тайменей находятся в угрожаемом состоянии в связи с чрезмерным выловом рыбы, браконьерством, потерей среды обитания и изменением климата. Сахалинский таймень *Parahucho perryi* (Brevoort, 1856), впервые описанный Джеймсом Карлсоном Бревортом по сборам из Японии в первой половине XIX века, занимает узкий очаговый ареал вдоль западного побережья Японского моря от Татарского пролива до южных границ залива Петра Великого, острова Сахалин и Хоккайдо, а также южные Курильские о-ва (Линдберг, Легеза 1965; Золотухин, Семенченко 2008; Fukushima et al. 2011 и мн. др.), но в континентальной части своего ареала может заходить на юг почти до 40-й параллели (Решетников 2003) (рис. 1). Говоря о распространении вида, необходимо отметить ошибку, допущенную в Красной книге Российской Федерации (2021), где в ареал сахалинского тайменя включены бассейны озера Ханка, рек Сунгача и Усури. Вероятно, это произошло из-за путаницы полупроходного сахалинского тайменя *Parahucho perryi* с пресноводным сибирским тайменем *Hucho taimen* (Pallas, 1773), встречающимся в Приморском крае только в бассейнах р. Усури и оз. Ханка (Шедыко 2001; Бушуев, Барабанщиков 2012; Барабанщиков и др. 2022 и мн. др.).

По мере хозяйственного освоения Дальнего Востока России и севера Японии численность сахалинского тайменя в течение XX столетия стала снижаться, причём особенно пострадала южная часть ареала вида, где он местами исчез полностью. В начале XXI века *Parahucho perryi* (популяции Сахалинской области) был внесён в Красную книгу Российской Федерации (Красная книга... 2001), затем в Красную книгу Приморского края (2005) и, наконец, в международный Красный список (МСОП), где, начиная с 2006 г. отмечен как вид, находящийся под критической угрозой исчезновения (Rand 2006).

Рис. 1. Наиболее оптимистичный взгляд на континентальное распространение сахалинского тайменя *Parahucho perryi* (Решетников 2003), отражающий вероятную картину восстановления природного ареала вида при сохранении позитивных тенденций.

Fig. 1. The most optimistic view of the continental distribution of the Sakhalin taimen *Parahucho perryi* (Reshetnikov 2003), reflecting a likely picture restoration of the species area while maintaining positive trends.



В последней редакции Красной книги Российской Федерации (Красная книга... 2021) сахалинский таймень так же получил первую категорию статуса редкости как исчезающий вид, причём не только для Сахалинской области, но и для Приморского края. В последнем случае, это было сделано на основании относящихся к концу прошлого века устаревших сведений из краевой Красной книги (Красная книга... 2005) о низкой численности и распространении лишь в нескольких реках Приморья, что не соответствует действительности. Некорректная оценка природоохранного статуса сахалинского тайменя в Приморском крае также связана с недостаточной изученностью вида в регионе и закрытием данных об объёме прилова тайменя при промысле горбуши в Приморском крае. К сожалению, придание виду статуса охраняемого не только не активизировало его исследование, но и парадоксальным образом исключило возможность его регулярного мониторинга на основе анализа прилова промысловых лососёвых, и это вылилось в неадекватную оценку численности, что уже отмечалось на примере популяций Сахалинской области (Золотухин и др. 2000; Золотухин, Семенченко 2008). В результате фактического ограничения на исследования (длительная и непрозрачная процедура получения разрешения из центрального офиса Росприроднадзора в Москве) в российской части ареала сахалинского тайменя ощущается недостаток сведений не только об общей численности вида, но и о биологии молоди и местах расположения нерестилищ (Золотухин, Семенченко 2008); необходимые для оценки репродуктивного потенциала генетические данные также недостаточны (Скурихина и др. 2013).

Отсутствие данных регулярного мониторинга сахалинского тайменя стандартными методами несколько восполняется сведениями из немногочисленных отечественных и зарубежных научных статей и попутными результатами плановых работ по оценке запасов водных биоресурсов в реках Приморского края, производимых специалистами ТИНРО – Тихоокеанского филиала ВНИРО. В ходе таких работ стали появляться новые данные, позволяющие говорить о лучшем, чем определено в упомянутых Красных книгах, состоянии вида в регионе. В частности, число рек Приморского края, населенных сахалинским тайменем оказалась больше, чем считалось ранее (Золотухин 2003; Золотухин, Семенченко 2008; Zolotukhin et al. 2013). Так, с учётом вновь обнаруженных популяций, насчитывается более 20-ти рек и лагунных озёр вдоль побережья Японского моря, где отмечены разновозрастные особи данного вида рыб, что свидетельствует о самовоспроизводящихся популяциях.

На фоне долговременного запрета на вылов сахалинского тайменя наметилась тенденция восстановления численности вида в северной части япономорского побережья Приморского края, в связи с чем было предложено изменить категорию природоохранного статуса сахалинского тайменя в краевой Красной книге с 3-й на 5-ю (Золотухин, Семенченко 2008; Барabanщиков и др. 2022). Новый статус вида на региональном уровне недавно закреплён Постановлением Правительства Приморского края № 258-пп от 18.04.2023. В настоящей работе приводятся не публиковавшиеся ранее материалы 2018–2022 гг. о состоянии вида, поддерживающие это решение, и даются рекомендации по сохранению и восстановлению популяций сахалинского тайменя в Приморском крае.

Материал и методы

Коллекционный материал для данной работы не собирался, поскольку сахалинский таймень является особо охраняемым видом рыб и полностью запрещён к вылову. Материалом послужили данные визуального учёта (фото- и видеофиксация

живых рыб в естественной среде обитания), данные, полученные в ходе плановых ихтиологических съёмок, выполняемых на водных объектах северо-восточного Приморья экспедиционными отрядами ТИНРО под руководством В. А. Назарова в течение 2018–2022 гг., а также результаты опросов и, по возможности, осмотра уловов местного населения и рыбаков-любителей из числа туристов, сплавающих по рекам в период с мая по сентябрь.

Главный источник информации для данного сообщения – ихтиологические учёты ТИНРО, которые проводились при использовании закидных неводов с шагом ячеи от 3 мм до 50 мм, не допускающих травмирования никаких видов рыб, поскольку они не обьячались. Все уловы учитывались непосредственно в орудиях лова в воде без вывода на берег (на мелководье), после чего вся рыба, непоименованная в разрешении на добычу водных биоресурсов, выпускалась в обловленный речной биотоп, а часть улова, состоящая из разрешённых к изъятию видов, бралась на полный биологический анализ.

Дополнительный источник сведений – контакты с местным населением и туристами. При сборе опросных данных всегда доводилась информация о том, что добыча сахалинского тайменя любым способом является незаконной, а в случае его случайной поимки должен действовать безусловный принцип «поймал – отпусти»; обьяснялись причины включения данного вида лососей в региональную и федеральную Красные книги и необходимость сохранения не только собственно тайменя, но и среды его обитания. При обнаружении в свежих уловах случайно пойманных живых особей, их быстро измеряли и выпускали в естественную среду. Всего за пять лет таким образом было измерено и отпущено 127 рыб.

Линейные измерения (полная длина тела, длина тела по Смитту (длина АС) – расстояние от конца рыла до окончания срединных лучей хвостового плавника, стандартная длина тела и длина головы), взвешивание (полная масса тела) и фотографирование сахалинского тайменя выполнялись оперативно для сохранения рыб в живом и нетравмированном виде (рис. 2); часто в присутствии представителей природоохранных органов, контролировавших выпуск охраняемых видов в природную среду. Иногда у крупных особей брали регистрирующие структуры (3–5 чешуй) для определения возраста в лабораторных условиях. Все манипуляции осуществлялись в соответствии с общепринятыми методиками исследований ихтиологического материала в целом и отдельно лососей (Правдин 1939, 1966; Clutter, Whitesel 1956; MacLellan 1987, 2004).



Рис. 2. Живая особь сахалинского тайменя, случайно выловленная в р. Самарга 19.05.2018. и выпущенная обратно после фотографирования и замеров.

Fig. 2. A live specimen of the Sakhalin taimen, accidentally caught in the Samarga River May 19, 2018 and released back after an examination.

Результаты и обсуждение

Южная часть краевого ареала (Южное Приморье)

На юге Приморского края сахалинский таймень встречается в заливе Петра Великого от р. Амба на западе до р. Партизанская на востоке, включая российскую часть р. Раздольная и Амурский залив (Линдберг, Легеза 1965; Золотухин и др. 2000). В китайской части бассейна Раздольной сахалинский таймень никогда не отмечался (Li 1984; Wang et al. 2009). Южнее Амбы, в бассейне трансграничной р. Туманная и далее обитает близкий пресноводный вид – корейский таймень *Hucho ishikawae* Mori, 1928 (Шмидт 1904; Берг 1916, 1948; Бушуев 1978, 1983; Иванков и др. 1984; Парпура, Семенченко 1989; Парпура 1990, 1991; Золотухин и др. 2000; Шедько 2001; Семенченко 2001, 2003; Решетников 2003; Золотухин 2003; Золотухин, Семенченко 2008; Shi et al. 2013; Шуршакова 2020; Li 1984; Lee et al. 1999, 2000; Wang et al. 2009; Нео, Kim 2011). В бассейне р. Туманная ареал корейского тайменя частично перекрывается с таковым сахалинского (Решетников 2003), который может проникать вдоль морского побережья до провинции Хамгён-Пукто (КНДР) (рис. 1). Отчасти эта информация подтверждается устными сообщениями рыбаков ОАО «Приморрыбпром», осуществлявших промышленную добычу рыбы на крайнем юге Приморского края в бухте Новгородская залива Посъета в 1979–1991 гг. Эти рыбаки подтверждали регулярное наличие в прилове единичных особей сахалинского тайменя во время осенней путины. Также имеются устные сообщения о поимке двух особей данного вида в 2021 г. в р. Барабашевка Хасанского муниципального округа, где он был вполне обычен до середины 1950-х годов XX века (Золотухин и др. 2000), но затем надолго исчез. Все вышеперечисленные поимки относятся к случайным заходам, поскольку уже к началу нынешнего века популяции сахалинского тайменя сохранились лишь в северной части япономорского побережья края (Шедько 2001 и др.).

Северная часть краевого ареала (Центральное и Северное Приморье)

Южная граница центрального приморья проходит по водоразделу рек Партизанская и Киевка, и на побережье обозначается мысом Поворотный. Эта общепринятая географическая граница прибрежных районов края часто совпадает с биогеографической, в частности, с южной границей Центрально-Приморской провинции, выделенной по фауне рыб и моллюсков (Прозорова 2001; Шедько 2001). Граница между Центральным и Северным Приморьем проводится по-разному, но, в данном случае, Северное Приморье принимается в объеме Тернейского муниципального округа.

В пределах Центрального Приморья популяции сахалинского тайменя сохранились в реках Киевка и Чёрная, в последние годы молодь отмечалась также в верховьях р. Аввакумовка (Парпура, Семенченко 1989; Шедько 2001; М. В. Шедько, личное сообщение).

В Северном Приморье популяции *Parahucho perryi* последние 20 лет отмечались специалистами ТИНРО чаще всего в реках Джигитовка, Голубичная, Серебрянка, Таёжная, Малая Кема, Великая Кема, Амгу, Максимовка, Соболевка, Кузнецова, Бурливая, Светлая, Пея, Кабанья, Венюковка, Единка (включая оз. Бурное), Самарга и Жёлтая.

По данным опросов и осмотров уловов рыбаков-любителей в водах Тернейского муниципального округа обитают таймени длиной 27.3–143.0 см, массой 0.21–22.7 кг, среди которых преобладают особи длиной 25–65 см и весом около 1 кг (рис. 3, 4). Средняя длина особей, попадающихся на учебные орудия лова, составляет 53.6 см

Рис. 3. Распределение по длине (АС) осмотренных особей сахалинского тайменя из рек северо-востока Приморского края, 2018–2022 гг.

Fig. 3. Length distribution (АС) of examined Sakhalin taimen specimens from rivers in the north-east of Primorsky Krai, 2018–2022 (green columns – females, red – males, black – both).

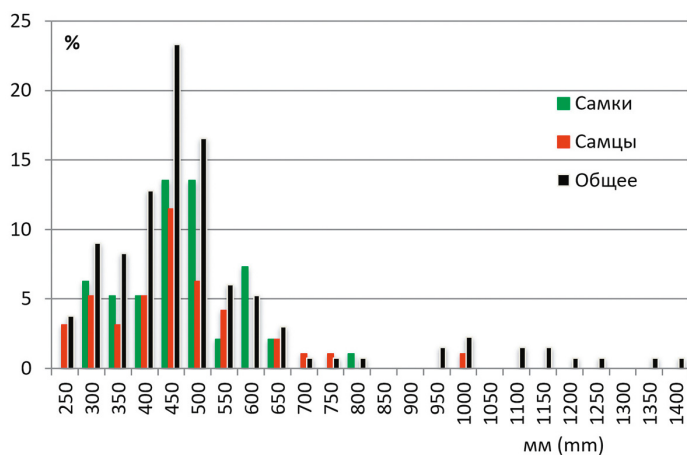
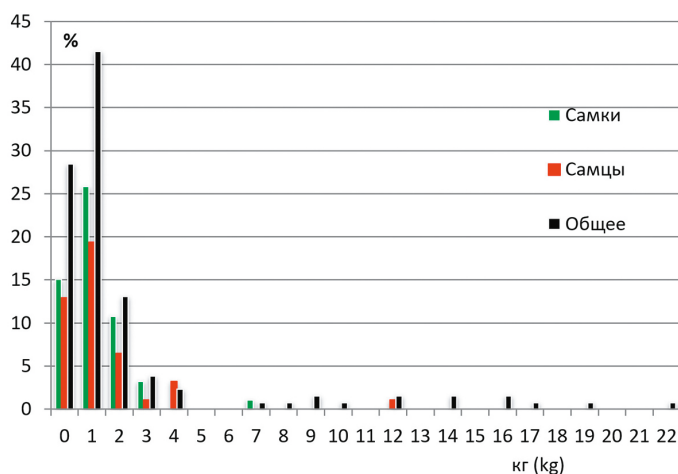


Рис. 4. Распределение по массе осмотренных особей сахалинского тайменя из рек северо-востока Приморского края, 2018–2022 гг.

Fig. 4. Distribution by weight of examined Sakhalin taimen specimens from rivers in the north-east of Primorsky Krai, 2018–2022 (green columns – females, red – males, black – both).

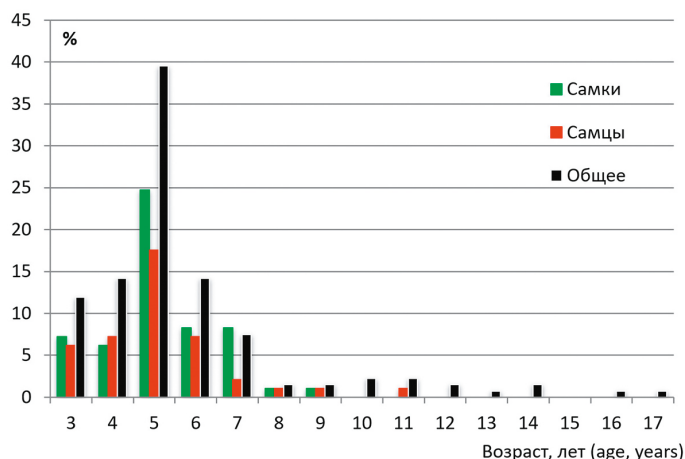


при средней массе 2.78 кг. По возрасту наиболее многочисленными оказались пятилетние рыбы, при этом разброс по возрастной структуре был от 3 до 17 лет (рис. 5). Отметим, что наиболее крупных особей не всегда удавалось осмотреть, т. к. рыбаки их сразу идентифицировали как запрещенный к вылову вид и выпускали.

Младшие возрастные группы сахалинского тайменя, изученные в ходе ихтиологических учётов, также оказались многочисленны в реках Северного Приморья на северо-востоке края, чего не наблюдалось при мониторинговых работах в период

Рис. 5. Распределение по возрасту осмотренных особей сахалинского тайменя из рек северо-востока Приморского края, 2018–2022 гг.

Fig. 5. Distribution by age of examined Sakhalin taimen specimens from rivers in the north-east of Primorsky Krai, 2018–2022 (green columns – females, red – males, black – both).



2005–2010 гг. и однозначно указывает на высокий потенциал роста численности вида. В выборках при обловах мальковым неселективным неводом с шагом ячеи 3–5 мм «таймешата» очень часто попадались вместе с молодьё кеты (*Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792)), горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792)) и японской малоротой корюшкой (*Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963).

Указанные факты подтверждают наличие достаточно крупных самовоспроизводящихся группировок (популяций) тайменя в реках Самарга и Единка, что, по сравнению с нашими данными десятилетней давности, красноречиво свидетельствует об изменении статуса вида в лучшую сторону. Факт суммарного присутствия в ихтиологических обловах около 15% особей сахалинского тайменя длиной тела по Смитту более 95 см и общей массой тела свыше 7 кг, т. е. производителей, также добавляет оптимизма. В начале века доля особей сахалинского тайменя старших возрастных групп в общих выборках не превышала 10%, составляя в среднем 3–7% от численности стада. Однако следует учесть, что сахалинский таймень является долгоживущим полициклическим видом. Поэтому, для того чтобы говорить о благополучном состоянии его популяций, доля производителей в выборках селективными и неселективными орудиями лова должна составлять не менее 25–30%.

Согласно приведенным выше данным и наблюдениям последних лет, сахалинский таймень совсем не редок в реках северо-восточного Приморья и регулярно встречается совместно с хариусом (*Thymallus* Linck, 1790), ленками (*Brachymystax* Günther, 1866), гольцами (*Salvelinus* Richardson, 1836) и дальневосточными краснопёрками (*Pseudaspius* (= *Tribolodon*) Dybowski, 1869); причём в реках побережья соседнего Хабаровского края этот вид является не охраняемым (Красная книга... 2021), а обычным объектом любительского и традиционного рыболовства. Сахалинский таймень постоянно попадает в прилове при целевой добыче тихоокеанских лососей и гольцов, в чём мы неоднократно убеждались при опросах местного населения и осмотрах их уловов. Таймень регулярно наблюдался нами также во время собственных мониторинговых обловов. В частности, в р. Самарга 19 мая 2018 г. сахалинский таймень (рис. 2) был отмечен совместно с южной проходной мальмой *Salvelinus curilus* (Pallas, 1814), желтопятнистым хариусом *Thymallus flavomaculatus* Knizhin, Antonov et Weiss, 2006 и крупночешуйной краснопёркой *Pseudaspius* (= *Tribolodon*) *hakonensis* (Günther, 1877).

Положительная динамика численности в популяциях сахалинского тайменя на северо-востоке Приморского края ранее отмечалась уже неоднократно (Золотухин, Семенченко 2008; Барабанщиков и др. 2022; Zolotukhin et al. 2013). На основании этого было обосновано изменение категории статуса редкости вида в крае с 3-й (Красная книга... 2005) на 5-ю, как принято для видов, восстанавливающих свою численность. Новые данные вполне согласуются с этим положением, реализованным в Постановлении Правительства Приморского края № 258-пп от 18.04.2023. В дальнейшем это может стать основанием изменения природоохранного статуса сахалинского тайменя также и в федеральной Красной Книге, где популяциям Приморского края ошибочно установлена первая категория статуса редкости как исчезающим (Красная книга... 2021).

В последние годы развиваются исследования поведения, экологии и генетики сахалинского тайменя (Скурихина и др. 2013; Fukushima et al. 2011; Zhivotovsky et al. 2015 и др.), которые позволяют получить сведения, необходимые для разработки стратегии охранно-восстановительных мероприятий вида. В этом направлении предложены два основных пути: 1) основывать заново популяции в утраченных

местообитаниях с наилучшими экологическими условиями (Fukushima et al. 2011 и др.), либо 2) восстанавливать имеющиеся малочисленные популяции, поскольку заселение из других регионов может не принести положительных результатов (Золотухин, Семенченко 2008) вследствие консервативности генетических адаптаций локальных групп к конкретной окружающей среде (Скурихина и др. 2013; Rand 2006 и др.). С учётом последнего феномена для восстановления популяций сахалинского тайменя в качестве доноров теоретически можно было бы использовать ближайшие популяции, обитающие в сходных природных условиях. Например, расселение тайменя вдоль побережья Северного Приморья проводить из наиболее благополучных рек Единка и Самарга, а в южных районах края – из рек Центрального Приморья (реки Киевка и Чёрная). Однако, как показали результаты генотипирования популяций сахалинского тайменя по маркерам микросателлитов ДНК (Zhivotovsky et al. 2015), даже внутри локальных биогеографических выделов (эволюционно значимых единиц) местные популяции генетически дифференцированы, имеют низкие эффективные размеры, проявляют признаки демографического спада и крайне ограниченного потока генов. В связи с этим рассмотренные выше варианты расселения могут быть бесполезны и даже вредны, и поэтому все планы по реинтродукции должны сопровождаться предварительными молекулярно-генетическими исследованиями (Zhivotovsky et al. 2015). Эти методы позволят использовать в качестве доноров восстановления популяций особей, близких не только экологически, но и генетически и, в конечном итоге, обеспечат успех таких природоохранных мероприятий. При отсутствии молекулярно-генетической поддержки реинтродукцию лучше избегать.

Кроме реинтродукции, в связи с малочисленностью сахалинского тайменя на юге края для его более быстрого восстановления можно рекомендовать организацию специальных рыбоводных цехов (хозяйств). Возможность искусственного воспроизводства данного вида прорабатывается с конца 1970-х гг. и практикуется с 2012 г. на Сахалине, в р-не оз. Тунайча (Makeev et al. 2013). Однако смертность личинок остаётся довольно высокой, что, возможно, связано с их большой естественной смертностью в реках (Золотухин, Семенченко 2008). Чаще всего, гибель происходит при переходе личинок на экзогенное питание, когда их рост практически прекращается, а коэффициент упитанности снижается до фатального – 0.9 (Кораблина, Иванова 2001). Из-за этой проблемы и множества других вопросов вначале потребуется разработка эффективной биотехники искусственного воспроизводства тайменя с учётом природных условий рек япономорского побережья края и, особенно его южной части, где таймень пока ещё очень редок. Кроме этого, необходимо произвести научно-исследовательские работы по подбору участков рек, подходящих для размещения рыбоводных цехов. В первую очередь стоит рассмотреть реки Шкотовка, Партизанская, Киевка и Чёрная. Эти мероприятия рассчитаны не на ближайшее будущее, но со временем они могут внести вклад в возрождение южных популяций вида и восстановление природного ареала сахалинского тайменя в Приморском крае (рис. 1).

Заключение

Таким образом, тенденция последних пяти лет по улучшению состояния северо-приморских популяций сахалинского тайменя в качественном и количественном отношениях, на первый взгляд, очевидна. Как показали результаты плановых мониторинговых работ специалистов ТИНРО в период 2018–2022 гг., опросы местного населения и осмотры уловов рыбаков-любителей, угроза исчезновения сахалинскому

тайменю в реках северо-востока Приморского края в настоящее время практически отсутствует. Отмечен стабильный рост численности этого вида, встречаются рыбы разных размерно-возрастных групп, в том числе много крупных особей весом более 20 кг и возрастом 8–17 лет и молоди (информация по количественным данным готовится к публикации). Однако это лишь предварительные данные, и для более точной оценки необходимо проведение не попутных, а специальных комплексных исследований с оформлением разрешения Росприроднадзора согласно действующему законодательству.

Положительные тенденции в изменении состояния вида в Приморском крае, отражённые в региональной категории его статуса редкости (5), могут постепенно продолжаться и дальше при условии отсутствия новых негативных факторов, сохранения сложившегося режима охраны и реально наблюдаемого роста ответственности участников рыболовства со стороны гражданского населения и профессионального рыбацкого сообщества. Учитывая одновременный с тайменем рост численности также и других видов лососей – симы *Oncorhynchus masou* (Brevoort, 1856), кеты и гольцов, можно говорить об общем оздоровлении экологической ситуации в реках и морских прибрежных водах на севере края, без чего невозможен нормальный нерест и развитие молоди не только жилых, но и проходных лососёвых. Однако для восстановления вида в Центральном и Южном Приморье необходимо предпринять определенные усилия. Поэтому, на основании всего вышесказанного, мы рекомендуем следующий план действий по сохранению и восстановлению популяций сахалинского тайменя в Приморском крае:

1) продолжить сбор информации о сахалинском таймене в ходе плановых мониторинговых работ ТИПРО в Приморском крае в рамках действующих нормативно-правовых ограничений;

2) организовать комплексное исследование состояния популяций сахалинского тайменя под эгидой Росприроднадзора на всём протяжении морского побережья в крае;

3) осуществлять ежегодный мониторинг состояния сахалинского тайменя в Приморском крае при сотрудничестве научных и природоохранных организаций;

4) избегать реинтродукции особей сахалинского тайменя из других популяций в качестве меры восстановления его численности при отсутствии молекулярно-генетических данных;

5) рассмотреть возможность получения молоди сахалинского тайменя в ходе соответствующих научных исследований, разработки методов эффективной биотехники и подбора подходящих рек для размещения специальных рыбоводных цехов.

В заключение отметим, что будущее сахалинского тайменя в Приморском крае и успех восстановления численности этой великолепной рыбы зависит не только от действий соответствующих исполнительных органов государственной власти (вид имеет I-й приоритет природоохранных мер), но и от личной ответственности граждан, в том числе рыбаков, как частных, так и вовлеченных в промышленное рыболовство.

Благодарности

Авторы благодарны ответственным рыбакам-любителям за сотрудничество и помощь в сборе фактов, а также А. Ю. Семенченко за ценные замечания и конструктивную критику.

Работа выполнена отчасти при финансовой поддержке и в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № 121031000147-6.

Литература (References)

- Барабанщиков Е. И., Баланов А. А., Семенченко А. Ю., Прозорова Л. А.** 2022. Нуждающиеся в охране виды рыб Приморского края Дальнего Востока России (к обновлению региональной Красной книги) // *Биота и среда природных территорий*. Т. 10. № 4. С. 49–58. (**Barabanshchikov E. I., Balanov A. A., Semenchenko A. Yu., Prozorova L. A.** 2022. Fish species in need of conservation in Primorsky Krai, Russian Far East (for the regional Red Data Book update). *Biota and Environment of Natural Areas* 10(4): 49–58. [In Russian].) https://doi.org/10.25221/2782-1978_2022_4_5
- Берг Л. С.** 1916. Рыбы прѣсных водъ Россійской Имперіи. – М.: Типографія Товарищества Рябушинскихъ. 634 с. (**Berg L. S.** 1916. Fishes of fresh waters of Russian Empire. M: Printing house of the Ryabushinsky partnership, 634 pp. [In Russian].)
- Берг Л. С.** 1948. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Часть 1. – М.-Л.: Изд. АН СССР. 466 с. (**Berg L. S.** 1948. Fishes of fresh waters of USSR and adjacent countries. Part. 1. M–L: Publishing house of the AS USSR, 466 pp. [In Russian].)
- Бушуев В. П.** 1978. Сахалинский таймень (*Hucho perryi* (Brevoort)) реки Киевки // Биология лососёвых: тезисы докладов международного четырехстороннего совещания (СССР, США, Канада, Япония), Южно-Сахалинск, октябрь 1978 г. – Владивосток: ТИНРО. С. 45. (**Bushuev V. P.** 1978. Sakhalin taimen (*Hucho perryi* (Brevoort)) of the Kievka River. In: Biology of Salmon fish: abstracts of the International Meeting, Yuzhno-Sakhalinsk, October 1978. Vladivostok: TINRO, p. 45. [In Russian].)
- Бушуев В. П.** 1983. Биология тайменя (*Hucho perryi* (Brevoort)) из реки Киевка (Южное Приморье) // Экология и систематика пресноводных организмов Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 61–72. (**Bushuev V. P.** 1983. Biology of the taimen (*Hucho perryi* (Brevoort)) from the Kievka River (southern Primorye) // Ecology and systematics freshwater organisms of the Far East. Vladivostok: FESC AS USSR, 61–72 pp. [In Russian].)
- Бушуев В. П., Барабанщиков Е. И.** 2012. Пресноводные и эстуарные рыбы Приморья: справочник. – Владивосток: Дальрыбвтуз. 314 с. (**Bushuev V. P., Barabanshchikov E. I.** 2012. Freshwater and estuarine fishes of Primorye: handbook. Vladivostok: Dalrybvutuz, 314 pp. [In Russian].)
- Золотухин С. Ф.** 2003. Нерестовый фонд и современный статус популяций лососей в Приморском крае // Дисс. ... к. б. н. Хабаровск. 262 с. (**Zolotukhin S. F.** 2003. Spawning stock and current status of salmon populations in Primorsky Krai. Dissertation ... Ph D. Khabarovsk. 262 pp. [In Russian].)
- Золотухин С. Ф., Семенченко А. Ю.** 2008. Рост и распространение сахалинского тайменя *Hucho perryi* (Brevoort) в речных бассейнах. // Владивосток: Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 4. С. 317–338. (**Zolotukhin S. F., Semenchenko A. Yu.** 2008. Growth and distribution of Sakhalin taimen *Hucho perryi* (Brevoort) in river basins. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings* 4: 317–338. [In Russian].)
- Золотухин С. Ф., Семенченко А. Ю., Беляев В. А.** 2000. Таймени и ленки Дальнего Востока России. – Хабаровск, 128 с. (**Zolotukhin S. F., Semenchenko A. Yu., Belyaev V. A.** 2000. Taimen and lenok of the Russian Far East. Khabarovsk, 128 pp. [In Russian].)
- Иванков В. Н., Падецкий С. Н., Карпенко С. Н., Лукьянов П. Е.** 1984. Биология проходных рыб Южного Приморья // Биология проходных рыб Дальнего Востока. Межвузовский сборник. – Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета. С. 10–36. (**Ivanov V. N., Padetzky S. N., Karpenko S. N., Lukyanov P. E.** 1984. Biology of anadromous fish in southern Primorye // Biology of anadromous fish in Far East. Intercollegiate collection. Vladivostok: Publishing house FESU: 10–36 pp. [In Russian].)
- Линдберг Г. У., Легеца М. И.** 1965. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Жёлтого морей. – М., Л.: Наука. Часть 2. 392 с. (**Lindberg G. U., Legeza M. I.** 1965. [Fishes of the Sea of Japan and adjacent parts of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea]. Part 2. Moscow, Leningrad: Nauka, 392 pp. [In Russian].)
- Кораблина О. В., Иванова Л. В.** 2001. Опыт разведения сахалинского тайменя *Hucho perryi* (Brevoort, 1865) на лососевых рыболовных заводах и в лабораторных условиях // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. С. 359–366. (**Korablina O. V., Ivanova L. V.** 2001. [Experience in artificial rearing of Sakhalin taimen *Hucho perryi* (Brevoort, 1865) in salmonid fish farms and laboratories]. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings* 1: 359–366. [In Russian].)

- Красная книга Приморского края: Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Официальное издание. 2005. – Владивосток: АВК «Апельсин». 408 с. ([Red Data Book of Primorsky Krai. Animals. Rare and endangered species of animals. Official edition]. 2005. – Vladivostok: AVK Apelsin, 408 pp. [In Russian].)
- Красная книга Российской Федерации. Животные. 2001. – М.: АСТ, Астрель, 862 с. ([Red Data Book of the Russian Federation]. 2001. Moscow: Izdatel'stva ATS i Astrel, 862 pp. [In Russian].)
- Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-е издание. 2021. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с. ([Red Data Book of Russian Federation. Animals. Second edition]. 2021. M.: FGBU «VNI Ecologia», 1128 pp. [In Russian].)
- Парпура И. З.** 1990. Сравнительное морфобиологическое описание сахалинского тайменя из вод Северного Приморья // Биология шельфовых и проходных рыб. – Владивосток: ДВО АН СССР. С. 39–46. (**Parpura I. Z.** 1990. Comparative morphobiological description of the Sakhalin taimen from the waters of northern Primorye. In: Biology of shelf and anadromous fish. Vladivostok: FESC AS USSR, pp. 39–46. [In Russian].)
- Парпура И. З.** 1991. Биология сахалинского тайменя *Parachuho perryi* и голецов рода *Salvelinus* в водах Северного Приморья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. ТИНРО. – Владивосток. 23 с. (**Parpura I. Z.** 1991. [Biology of the Sakhalin taimen *Parachuho perryi* and charms of the genus *Salvelinus* in the waters of northern Primorye]: dis. kand. biol. sci. TINRO. Vladivostok, 23 pp. [In Russian].)
- Парпура И. З., Семенченко А. Ю.** 1989. Фауна и биология рыб Северного Приморья // Систематика и экология речных организмов. – Владивосток: ДВО АН СССР. С. 120–137 (**Parpura I. Z., Semenchenko A. Yu.** 1989. Fauna and biology of fish in northern Primorye. In: Systematics and ecology of river organisms. Vladivostok: FESC AS USSR, pp. 120–137. [In Russian].)
- Правдин И. Ф.** 1939. Руководство по изучению рыб. – Л.: Изд-во Ленинградского гос. университета. 245 с. (**Pravdin I. F.** 1939. Manual for research of fishes. Leningrad: izd-vo Leningradskogo Universiteta, 245 pp. [In Russian].)
- Правдин И. Ф.** 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – М.: Пищевая промышленность. 380 с. (**Pravdin I. F.** 1966. [Manual for research of fishes (freshwater principally)]. Moscow: Pisshevaya Promyshlennost, 380 pp. [In Russian].)
- Прозорова Л. А.** 2001. Особенности распространения пресноводной малакофауны на Дальнем Востоке России и его биогеографическое районирование // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. С. 129–125. (**Prozorova L. A.** 2001. [Peculiarities of distribution of freshwater malacofauna on the Russian Far East and its biogeography zoning]. *Vladimir Ya. Levaniidov's Biennial Memorial Meetings* 1: 112–125. [In Russian].)
- Решетников Ю. С.** (Ред.) 2003. Атлас пресноводных рыб России. Том 1. – М.: Наука. 192 с. (Reshetnikov Yu. S. 2003. [Atlas freshwater fish of Russia]. Vol. 1. Moscow: Nauka, 192 pp. [In Russian].)
- Семенченко А. Ю.** 2001. Фауна и структура рыбных сообществ в ритрале рек Приморья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. С. 217–228 (**Semenchenko A. Yu.** 2001. [Fauna and structure of fish communities in the ritral of the rivers of Primorye]. *Vladimir Ya. Levaniidov's Biennial Memorial Meetings* 1: 217–228. [In Russian].)
- Семенченко А. Ю.** 2003. Рыбы реки Самарга (Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. С. 337–354 (**Semenchenko A. Yu.** 2003. Fishes of Samarga River (Primorye Territory). *Vladimir Ya. Levaniidov's Biennial Memorial Meetings* 2: 337–354. [In Russian].)
- Скурихина Л. А., Олейник А. Г., Кухлевский А. Д., Малаяр В. В.** 2017. Внутренний полиморфизм mtДНК сахалинского тайменя *Parachuho perryi* // Генетика. Т. 49. № 9. С. 1065–1078. (**Shkurikhina L. A., Oleinik A. G., Kukhlevskiy A. D., Malyar V. V.** 2017. Intraspecific polymorphism of mtDNA in Sakhalin taimen *Parachuho perryi*. *Genetica* 49(9): 1065–1078. [In Russian].) <https://doi.org/10.7868/S0016675813070138>
- Шедько С. В.** 2001. Список круглоротых и рыб пресных вод побережья Приморья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. С. 229–249. (**Shedko S. V.** 2001. [List of cyclostomes and fishes of fresh waters of the coast of Primorye]. *Vladimir Ya. Levaniidov's Biennial Memorial Meetings* 1: 229–249. [In Russian].)
- Шмидт П. Ю.** 1904. Рыбы Восточных морей Российской Империи. Научные результаты Кореяско-Сахалинской экспедиции Императорского Русского географического общества

- 1900–1901 гг. – Санкт-Петербург: Императорское Русское географическое общество. 466 с. (Schmidt P. Yu. 1904. Fishes of the Eastern Seas of the Russian Empire. Scientific results of the Korean-Sakhalin expedition of the Imperial Russian Geographical Society in 1900–1901. Sankt-Petersburg: Imperial Russian Geographical Society, 466 pp. [In Russian].)
- Шуршакова В. Э.** 2020. Материалы комплексного экологического обследования участков территорий, на которых предполагается изменение границ ООПТ краевого значения «Лиман реки Раздольная». – Владивосток: НАКБЕС. 109 с. (Shurshakova V. E. 2020. [Materials of a comprehensive environmental survey of areas of territories where it is planned to change the boundaries of the SPNA of regional significance “Liman of the Razdolnaya River”]. Vladivostok: NAKBE, 109 pp. [In Russian].)
- Clutter R. I., Whitesel L. E.** 1956. Collection and Interpretation of Sockeye Salmon Scales. Bulletin IX of the International Pacific Salmon Fisheries Commission. New Westminster: International Pacific Salmon Fisheries Commission, 163 pp.
- Fukushima M., Shimazaki H., Rend P. S., Kaeriyama M.** 2011. Reconstructing Sakhalin taimen (*Hucho perryi*) historical distribution and identifying causes for their local extinction. Transactions of the American Fisheries Society 140(1): 1–13. <https://doi.org/10.1080/00028487.2011.544999>
- Heo J.-U., Kim J.-G.** 2011. [Fish monitoring guidelines and application cases for estimating ecological flow – 1. Preliminary survey]. (생태유량 산정을 위한 어류 모니터링 가이드라인 및 적용사례 – 1. 사전조사). *Water for Future* 44(1/1): 41–55. [In Korean]. <http://www.koreascience.kr/article/JAKO201116450105268.pdf>
- Lee H.-J., Park J.-Y., Kim W.-J., Min K.-S., Kim Y., Yoo M.-A., Lee W.-H.** 1999. Genetic study of the subfamily Salmoninae based upon mitochondrial DNA control region sequences. *Korean Journal of Ichthyology* 11(2): 163–171. [In Korean]. <https://koreascience.kr/article/JAKO199927236821225.pdf>
- Lee H.-J., Park J.-Y., Lee J.-H., Min K.-S., Jeon I. G., Yoo M.-A., Lee W.-H.** 2000. Phylogeny of the subfamily Salmoninae distributed in Korea based upon nucleotide sequences of mitochondrial ribosomal RNA genes. *Journal of the Korean Fisheries Society* 33(2): 103–109. [In Korean].
- Li S.** 1984. [Discussion on the geographical distribution of Salmonidae in China]. (李思忠. 1984. 中国鲑科鱼类地理分布的探讨. *Chinese Journal of Zoology* 19(1): 34–37. [In Chinese].
- MacLellan S. E.** 1987. Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon. British Columbia, Nanaimo: Pacific Biological Station. V9R5K6, 27 pp.
- MacLellan S. E.** 2004. Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon. British Columbia, Nanaimo: Pacific Biological Station. V9T 6N7, 31 pp.
- Makeev S. S., Samarskiy V. G., Sukhonos P. S., Bobrov I. S., Proskuryakov K. A.** 2013. Artificial rearing of Sakhalin taimen (*Parahucho perryi*) on salmonid fish farms in the district of Sakhalin region (Russia). *Archives for Polish Fisheries* 21: 215–217. <https://doi.org/10.2478/aopf-2013-0020>
- Rand P. S.** 2006. *Hucho perryi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T61333A12462795. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T61333A12462795.en> (accessed on 02 November 2022)
- Shed'ko S. V.** 2001. On species composition of smelts (Osmeridae) in waters of Primor'e. *Journal of Ichthyology* 41(2): 164–167.
- Shi Q., Fan M., Zhang Y.** (eds.) 2013. [Chinese economic fishes]. (石琼, 范明君, 张勇 (主编). 2013. 中国经济鱼类志). Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 452 pp. [In Chinese].
- Wang F., Zhang Y.-Q., Yin J.-S.** 2009. A preliminary comparison of the biology character among *Hucho breakei*, *Hucho taimen* and *Hucho ishikawai* Mori. *Chinese Journal of Fisheries* 22(1): 59–63. [In Chinese]. https://www.scxzz.ac.cn/EN/volumn/volumn_1157.shtml
- Zhivotovsky L. A., Yurchenko A. A., Nikitin V. D., Safronov S. N., Shitova M. V., Zolotukhin S. F., Makeev S. S., Weiss S., Rand P. S., Semenchenko A. Yu.** 2015. Eco-geographic units, population hierarchy, and a two-level conservation strategy with reference to a critically endangered salmonid, Sakhalin taimen *Parahucho perryi*. *Conservation genetics* 16: 431–441. <https://doi.org/10.1007/s10592-014-0670-4>
- Zolotukhin S. F., Makeev S. S., Semenchenko A. Yu.** 2013. Current status of the Sakhalin taimen, *Parahucho perryi* (Brevoort), on the mainland coast of the Sea of Japan and the Okhotsk Sea. *Archives of Polish Fisheries* 21(3): 205–210. <https://doi.org/10.2478/aopf-2013-0018>

Большая ценность маленького памятника природы регионального значения «Мыс Девичьи Пески» (Приморский край)

Маслова Ирина Владимировна¹✉, Баркалов Вячеслав Юрьевич¹,
Поляков Иван Павлович²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
Владивосток, 690022, Российская Федерация

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, 690922,
Российская Федерация

✉ Автор-корреспондент, e-mail: irinarana@yandex.ru

Получена 10 мая 2023 г.; принята к публикации 29 мая 2023 г.

Аннотация. Впервые приводится описание биоты памятника природы регионального значения «Мыс Девичьи Пески» на оз. Ханка, показывающее его роль в сохранении биоразнообразия. В прибрежных водах памятника природы отмечены занесенные в Красную книгу Российской Федерации дальневосточная черепаха *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) и крупный двустворчатый моллюск – ханкайская ланцеолария *Lanceolaria chankensis* Moskvicheva, 1973, а на песчаных пляжах эндемик ханкайского побережья – остролодочник ханкайский (*Oxytropis chankaensis* Jurtz.). Памятник особо ценен как одно из немногих мест успешного размножения дальневосточной черепахи после катастрофического подъёма воды в озере. В местной группировке *P. maackii* преобладают половозрелые особи среднего размера с шириной следовой дорожки 190–229 мм. Среднее количество следовых дорожек этих рептилий в расчёте на 1 км береговой линии равно 38.2, максимальное – 60 (n = 109). Отмечена высокая численность хищников – енотовидных собак *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834) и выдр *Lutra lutra* Linnaeus, 1758, разоряющих кладки черепах. В кадастровом деле «Мыса Девичьи Пески» следует уточнить его географическое положение, а самому памятнику природы присвоить зоологический профиль.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, памятник природы, дальневосточная черепаха, озеро Ханка, Дальний Восток России.

Big value of a small natural monument of regional significance Mys Devich'y Peski (Primorsky Krai, Russia)

Irina V. Maslova¹✉, Vyacheslav Yu. Barkalov¹, Ivan P. Polyakov²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russian Federation

²Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922, Russian Federation

✉ Corresponding author, e-mail: irinarana@yandex.ru

Received 10 May 2023; accepted 29 May 2023

Abstract. This is the first biota description of the regional nature monument Mys Devich'y Peski, located on the west coast of Lake Khanka (Primorsky Krai, Russia). The Amur softshell turtle *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) and a large bivalve mollusk *Lanceolaria chankensis* Moskvicheva, 1973, listed in the Red Book of the Russian Federation, inhabit the coastal waters, while *Oxytropis chankaensis* Jurtz., a coastal endemic of Lake Khanka, grows on the sandy beaches. This natural monument is one of the few places of successful breeding of the Amur softshell turtle after the catastrophic rise of water in the lake. The local group of *P. maackii* is dominated by mature individuals of medium size with a track width of 190–229 mm. Average number of tracks of these reptiles per 1 km of coastline is 38.2, maximum is 60 (n = 109). We have noted a high number of predators – raccoon dogs *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834) and otters *Lutra lutra* Linnaeus, 1758, ravaging turtle clutches. The geographical location of the Mys Devich'y Peski natural monument should be clarified in its cadastral case, and the monument should be assigned with a zoological profile.

Key words: protected areas, natural monument, Amur softshell turtle, Lake Khanka, Russian Far East.

Введение

Охраняемые территории являются краеугольным камнем в процессах глобальных усилий по сохранению биоразнообразия на Земле (Loroukhine et al. 2012). Они создают здоровую среду обитания, что также положительно сказывается на благополучии людей, живущих на этих землях или вокруг них (Mcneely 2020). В России существует несколько типов особо охраняемых территорий (ООПТ). На федеральном уровне основную нагрузку по обеспечению сохранности биологического и ландшафтного разнообразия несут заповедники и национальные парки. Заказники и памятники природы играют ведущую роль в сохранении природы наиболее освоенных человеком районов (Христофорова 2018).

Как гласит Федеральный закон Российской Федерации (РФ) «Об особо охраняемых природных территориях»: «...Памятники природы – уникальные, невозполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения...» (Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ, ст. 25). В нашей стране первое упоминание об этой категории природоохранных территорий относится к 1905 г., когда Московское общество испытателей природы выпустило постановление о необходимости сохранения памятников природы. В 1912 г. при Императорском Русском географическом обществе была образована постоянная Природоохранительная комиссия. Уже после установления советской власти в стране в 1921 г. был принят декрет «Об охране памятников природы, садов и парков», а в 1924 г. учреждено Всероссийское общество охраны природы (ВООП), много сделавшее для поиска и объявления памятников природы. Общественная организация – Центральное бюро краеведения с 1922 по 1937 гг. успела провести инвентаризацию памятников природы, которые инициативно объявлялись во многих регионах страны. Затем в послевоенное время работа в СССР по паспортизации памятников природы была продолжена, чаще под эгидой ВООП, а исполнительная власть принимала решения о документировании постановки памятников на охрану. В результате к 1991 г. их общее число на территории СССР превысило десять тысяч (Калихман, Калихман 2015). С принятием федерального закона РФ от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ об ООПТ произошло разделение памятников природы на федеральные и региональные. К 2015 г. в России существовало 7721 памятников природы регионального значения (Берсенев, Христофорова 2016).

В Приморском крае согласно Приказу министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Приморского края от 10.01.2023 № 37-01-06/1 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения Приморского края» насчитывается 206 действующих памятников природы разного профиля (<https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/osobo-okhranyaemye-prirodnye-territorii/>). Они занимают около 0.13% площади Приморья, имеют региональный статус и находятся в ведении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Приморского края (Берсенев, Христофорова 2016). Практически все приморские памятники природы появились ещё в советское время (с 1974 по 1991 гг.), когда важно было осуществить фиксацию требующих сохранения уникальных природных объектов путем их паспортизации, фактически на уровне деклараций и в отсутствие реальных мер охраны (Кадастр ООПТ... 2021). Многие памятники природы существовали только «на бумаге»: никаких мероприятий по их сохранению не велось (Чебанько 2016).

Хотя основные принципы любой природоохранной деятельности заключаются в том, чтобы сначала выяснить «где, что и сколько» (Baldwin, Beazley 2019).

В 2017–2021 гг. Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Приморского края, реорганизованный в 2020 г. в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Приморского края, в рамках реализации Приказа Минприроды России от 19.03.2012 г. № 69 «Об утверждении порядка ведения государственного кадастра ООПТ» провёл паспортизацию памятников природы регионального значения и постановку их на кадастровый учёт. Однако паспорт памятника «Мыс Девичьи Пески» (Паспорт... 2021) и его кадастровое дело (Кадастровое дело... 2021) оказались практически незаполненными, а сам памятник отнесен к категории водных (Кадастр ООПТ 2021), хотя он был создан для сохранения дальневосточной черепахи *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) (Селедец 1993). Это обесценивает значимость памятника для охраны эндемичной биоты Приморского края и делает уязвимым в случае изменений законодательства, как, например, было предложено в законопроекте о наделении регионов правом упразднять ООПТ и изменять их границы, внесенном в Государственную Думу в начале 2023 г. Поправки предлагалось внести в ст. 2 ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (Проект федерального... 2023), но позже законопроект был отозван по причине правовых неопределённостей и рисков. Однако сохраняется опасность, что подобные попытки могут повторяться, поэтому сведения о биоте ООПТ, обосновывающие их ценность, должны быть как можно более полными. Это особенно важно для небольших региональных ООПТ и, в частности, для такого незначительного по площади памятника природы как «Мыс Девичьи Пески».

Дальневосточная черепаха (фото на обложке) населяет реки с медленным течением, пойменные озёра, старицы. На откладку яиц самки *P. maackii* выходят на берег с последней декады мая и до второй декады июля. Яйца откладываются в песчаный или мелкогалечный грунт на расстоянии от 2–3 м до 50–70 м от воды. Количество яиц в одной кладке колеблется от 7 до 56. Черепашата вылупляются со второй декады августа до второй декады сентября. Сочетание ряда факторов ведёт к сокращению численности черепах. Негативные биотические факторы – это хищники, уничтожающие яйца и молодь; абиотические – паводки, затапливающие кладки; антропогенные – браконьерский вылов, рыболовные сети, рекреационный пресс и загрязнение окружающей среды (Аднагулов, Маслова 2021; Булдовский 1936; Дальневосточная черепаха 2018; Костенко и др. 2005).

В период экстремальной водности оз. Ханка (катастрофический подъем воды в 2013–2019 гг.) возникла тревожная ситуация с местами размножения ханкайской популяции дальневосточной черепахи, занесённой в Красную книгу РФ (2021) и Красные книги ряда дальневосточных регионов, включая Приморский край (Красная книга... 2005). Ключевые нерестовые места этого вида, расположенные на участке «Сосновый» заповедника «Ханкайский», были практически затоплены (Аднагулов, Маслова 2021; Маслова 2016; Маслова, Воробьева 2016).

В 2016 г. мы обследовали западное побережье оз. Ханка (Ханкайский район), разыскивая сохранившиеся от затопления участки, где бы *P. maackii* успешно откладывали яйца. Тогда мы впервые обратили внимание на два местных зоологических памятника природы, созданных по решению Исполнительного комитета Приморского краевого совета народных депутатов № 308 от 12.04.1985 г. «Об отнесении уникальных и типичных природных объектов к государственным памятникам природы Приморского края» для сохранения мест размножения черепахи, «Утёс

Белоглиный» и «Мыс Девичьи Пески». Ещё в 1993 г. В. П. Селедец писал, что на этих ООПТ охраняются места обитания дальневосточной черепахи (Селедец 1993). Он указывал, что в тёплое время песчаные отмели, куда выбирается черепаха, вытаптываются домашними животными и людьми, и, следовательно, «... Разработкой мер надёжной защиты дальневосточной черепахи должны заняться природоохранные органы. Особое значение могут иметь соответствующие разъяснения и запреты, относящиеся к рыболовным и хозяйственным органам Приморского края. Необходимо проводить большую просветительскую работу с населением...» (Селедец 1993, с. 50).

В связи с вышесказанным, цель настоящей работы – пополнить сведения о биоте памятника природы регионального значения «Мыса Девичьи Пески» (рис. 1) с акцентом на ханкайскую популяцию дальневосточной черепахи и показать, насколько значимой может быть роль даже самого маленького ООПТ в деле охраны природы.

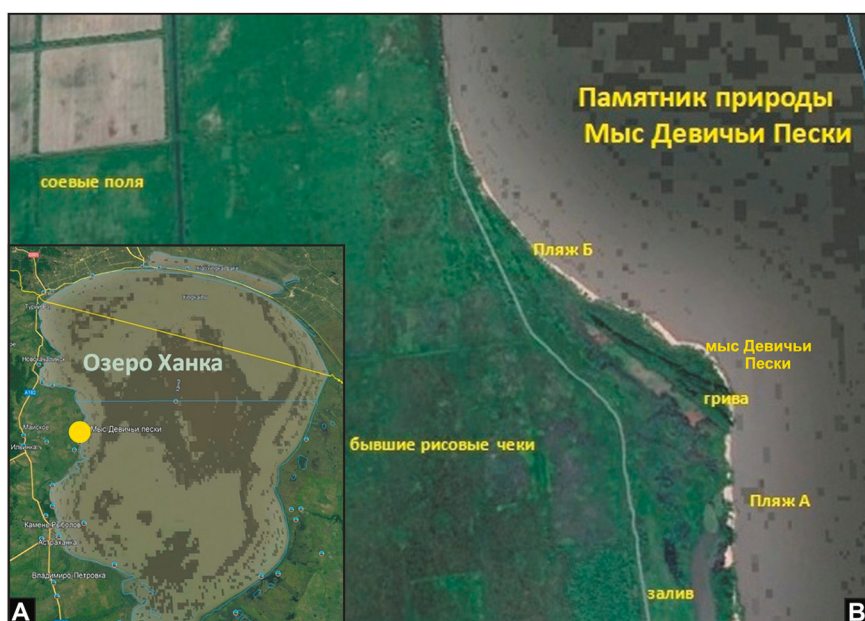


Рис. 1. Карта района исследований: А – местоположение памятника природы «Мыс Девичьи Пески» на западном побережье оз. Ханка (Приморский край, Россия); В – карта-схема памятника природы «Мыс Девичьи Пески».

Fig. 1. The study area: А – geographical location the natural monument Mys Devich'y Peski on west coast of Lake Khanka (Primorsky Krai, Russia); В – the map-scheme of natural monument Mys Devich'y Peski.

Материал и методы

Памятник природы «Мыс Девичьи пески» расположен на территории Ханкайского муниципального округа. Приморского края между мысом Рисовый и с. Новоиколаевка, в 8 км южнее последнего (Атлас охотника... 2004; Ханкайский район... 2006) (рис. 1А). Общая площадь ООПТ – 62 га, охранный зона – 20.4 га (Паспорт памятника... 2021).

Охраняемая территория находится в ландшафтной зоне «широколиственно-лесные дальневосточные равнинные (низменные) ландшафты» (Исаченко, Шляп-

ников 1989) в подзоне «...низменные на озёро-аллювиальных отложениях с дубовым редколесьем и осоко-вейниковыми разнотравными лугами на песчаных, луговых и лугово-болотных почвах...» (Фетисов 2009). Основной объект охраны памятника – дальневосточная черепаха (Кадастровое дело... 2021). При выборе места работ мы руководствовались картами 2004 и 2006 гг. (Атлас охотника... 2004; Ханкайский район... 2006), подготовленными Приморским аэрогеодезическим предприятием, ныне АО «Приморский информационно-аналитический центр геодезии и картографии» (рис. 2А). Координаты мыса Девичьи пески – 44°56'17" N, 132°07'44" E. При проведении паспортизации памятников природы Приморья специалисты местного отделения Росрееста ошибочно указали для данного ООПТ другое место расположения, а именно – мыс Рисовый, который находится севернее мыса Девичьи Пески (Кадастровое дело... 2021; Публичная кадастровая... 2023) (рис. 2В). Возник казус, когда два мыса Девичьи Пески и Рисовый в процессе паспортизации региональных памятников природы «слились» в один.

Состоялось четыре однодневных выезда на территорию «Мыса Девичьи Пески»: 24 июня 2019 г., 05 июля 2021 г., 24 августа 2021 г. и 10 сентября 2022 г.

Для оценки численности дальневосточных черепах применялось несколько методов: учёты разновозрастных животных по берегам водоёма, количества следов их выходов на сушу, количества кладок и сеголеток (Аднагулов 2008). Фиксировались как сами черепахи, так и все следы их пребывания на суше или на мелководье: следовые дорожки, лёжки, гнёзда, фрагменты яичной скорлупы, останки. Визуально отмечено 8 особей черепах. Зафиксировано 109 следовых дорожек. Градация по ширине следовой дорожки была следующей: 70–159 мм – неполовозрелая особь;

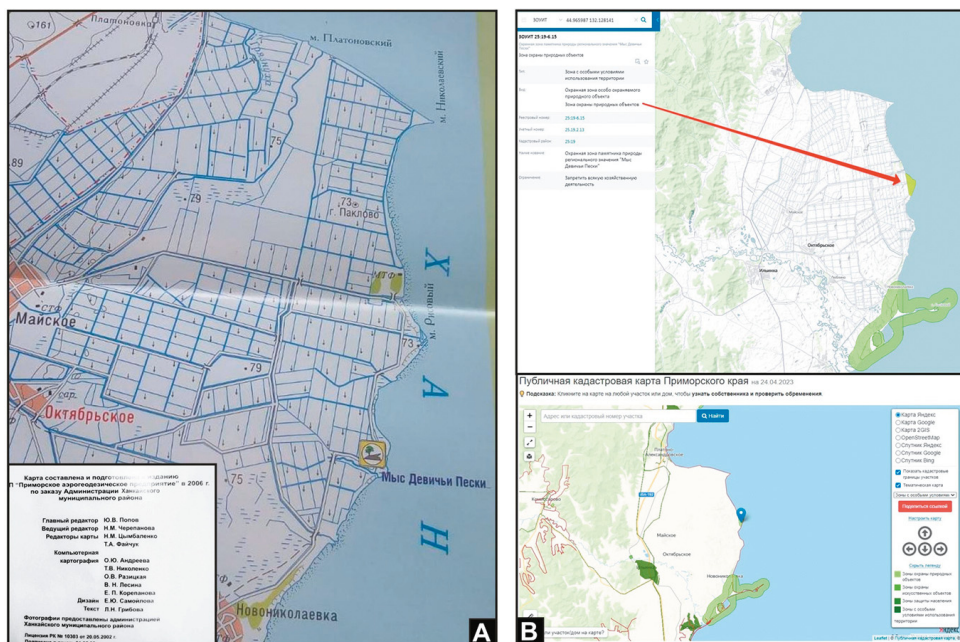


Рис. 2. Географическое расположение памятника природы «Мыс Девичьи Пески»: А – на карте Ханкайского района (Ханкайский район... 2006); В – на публичной кадастровой карте Приморского края (Публичная кадастровая... 2023).

Fig. 2. Geographical location of the natural monument Mys Devich'y Peski: А – on the map of Khankaysky District (Khankaysky District... 2006); В – on the Public cadastral map of Primorsky Krai (Public cadastral... 2023).

160–189 мм – молодая половозрелая; 190–229 мм – средняя половозрелая; 230–259 мм – крупная половозрелая от 260 мм и более – особо крупная (Черепанов 1990).

Так как в кадастровом деле полностью отсутствовала какая-либо информация по биоте данной территории (Кадастровое дело ... 2021), мы попутно собирали информацию по её растительному и животному миру. Очерк растительности составлен В. Ю. Баркаловым по фотоматериалам И. В. Масловой, В. М. Козырева и Ю. Е. Дочевого, поэтому носит лишь ознакомительный характер. Фиксировались визуальные встречи с животными и следами их жизнедеятельности.

Таким образом, наша небольшая работа является первым научным описанием части биоты памятника природы «Мыс Девичьи Пески».

Результаты

Во время пика подъёма воды в оз. Ханка (2015–2017 гг.) берег «Мыса Девичьи пески» был затоплен, как и большая часть ханкайского побережья (Маслова, Воробьева 2016). В 2018 г. к нам поступила информация от местных жителей, которые наблюдали, как *P. taackii* в связи с полным затоплением песчаного пляжа на «Мысе Девичьи Пески», откладывали яйца в песчаный грунт среди дубняка, произрастающего на гриве на территории этой ООПТ (В. М. Козырев, личное сообщение).

В следующем году уровень воды в озере немного понизился, стали появляться песчаные пляжи. Первый выезд на охраняемую территорию нам удалось осуществить 24 июня 2019 г. Было подготовлено общее описание «Мыса Девичьи пески» с указанием на карте его основных участков (рис. 1В). На самой оконечности мыса расположена грива с редкостойным дубняком, которая тянется от берега в северо-западном направлении на 450–500 м (рис. 3А). В северной части гривы стоят мёртвые деревья, погибшие после подтоплений последних лет. Их количество составляет около 1/3 от всех деревьев, произрастающих на гриве (рис. 3В). Южнее неё расположено небольшое озеро, сформированное устьевой расширенной частью маленькой безымянной речки и окружённое зарослями различной околотовной растительности. Береговая линия памятника природы представлена двумя песчаными пляжами: южнее оконечности мыса находится пляж А, длиной около 0,3 км (рис. 3Д), а севернее – пляж Б, сформировавшийся в 2020–2021 гг. после дальнейшего снижения уровня воды в оз. Ханка, длиной около одного км (рис. 3Е). Между пляжем А и гривой расположен осоково-вейниковый луг (рис. 3С). Между пляжем Б и гривой – разнотравный луг (рис. 3С, 3Ф). В западном направлении от ООПТ простираются сельскохозяйственные поля, на которых в последние годы выращивается соя, ранее основной посевной культурой там был рис. Сохранились фрагменты рисовых чеков и каналов.

На территории памятника природы «Мыс Девичьи Пески» представлены лесной, луговой, болотный и водный типы растительности, характерные для западного побережья оз. Ханка. На гриве растёт дубняк из дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) (рис. 3А). В кустарниковом ярусе обычна леспедеца двуцветная (*Lespedeza bicolor* Turcz.), небольшие группы образуют лещина разнолистная (*Corylus heterophylla* Fisch. ex Besser), шиповник тупоушковый (*Rosa amblyotis* C. A. Mey) и боярышник перистонадрезанный (*Crataegus pinnatifida* Bunge). Из лиан встречаются единичные порослевые особи винограда амурского (*Vitis amurensis* Rupr.). Травяной покров состоит из осоки ланцетноприцветниковой (*Carex lancibracteata* A. E. Kozhevnik.), мятлика дубравного (*Poa nemoralis* L.), ландыша Кейске (*Convallaria keiskei* Miq.), гвоздики разноцветной (*Dianthus versicolor* Fisch. ex Link), лапчатки

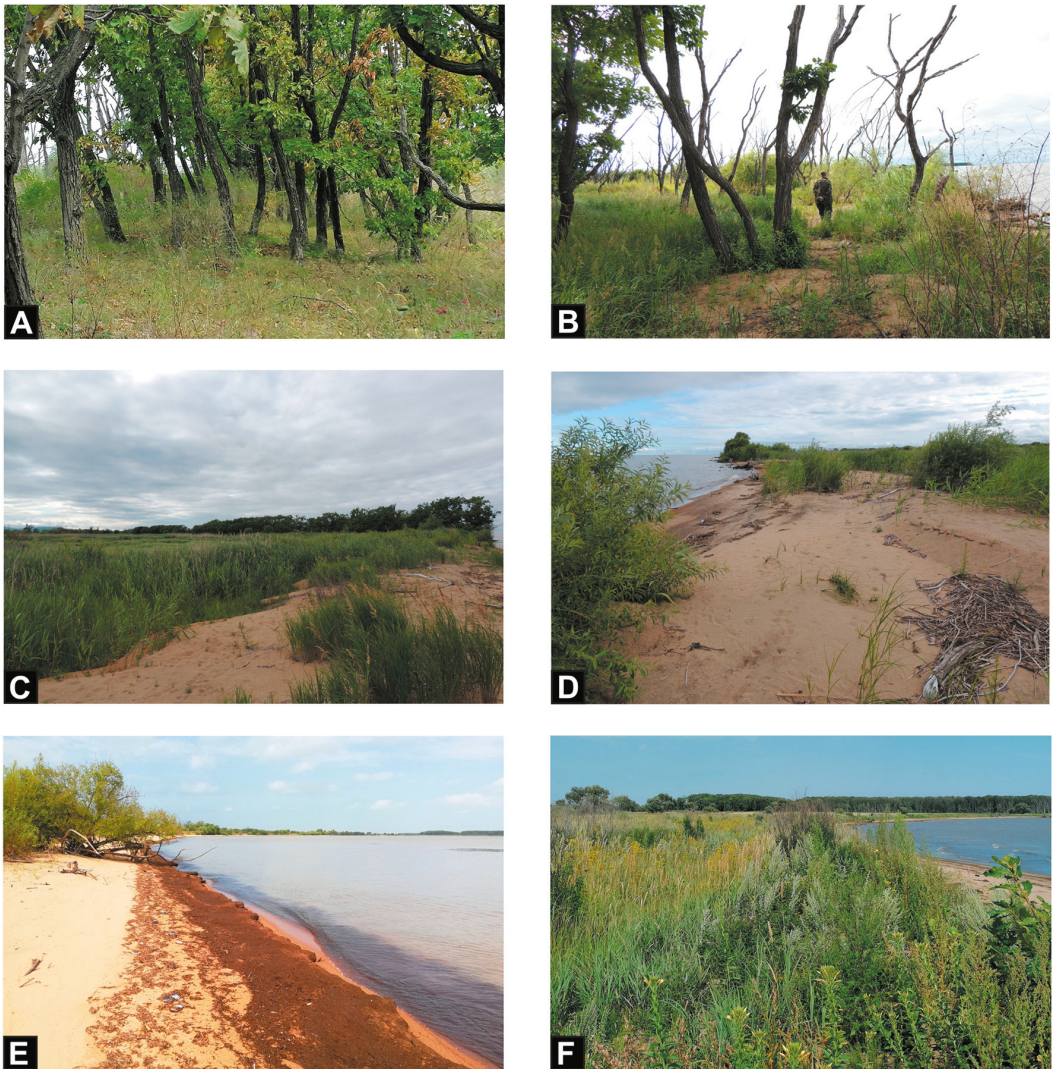


Рис. 3. Участки памятника природы «Мыс Девичьи Пески»: А – дубняк на гриве; В – погибшая часть дубняка; С – осоко-вейниковый луг; D – пляж А; Е – пляж Б; F – разнотравный луг (фото А, F – Ю. Дочевого; фото В, С, D, Е – И. В. Масловой).

Fig. 3. Plots of natural monument Mys Devich'yu Peski: А – the oak-grove on the mane; С – the dead part of the oak-grove; С – sedge-reedgrass meadow; D – beach А; Е – beach В; F – grass meadow (photo А, F – Yu. Dochevoy; photo В, С, D, Е – I. V. Maslova).

земляниковидной (*Potentilla fragarioides* L.), бубенчика мутовчатого (*Adenophora verticillata* Fisch.), горошка ложнососевиного (*Vicia pseudorobus* Fisch. et C. A. Mey.), софоры желтоватой (*Sophora flavescens* Soland.) и горноколосника колючего (*Orostachys spinosa* (L.) C. A. Mey.).

В прибрежной зоне оз. Ханка развиты ивняки из ивы удской (*Salix udensis* Trautv. et C. A. Mey.), ивы японской (*S. nipponica* Franch. et Sav.), ивы Миябе (*S. miyabeana* Seemen), ивы Пьеро (*S. pierotii* Miq.), ивы Шверина (*S. schwerinii* E. L. Wolf), а также кустарниковые группировки из таволги иволистной (*Spiraea salicifolia* L.) по краю болот и шиповника тупоушкового на песчаных возвышениях. Низменные участки с застойным увлажнением заняты монодоминантными сообществами из вейника

узколистного (*Calamagrostis angustifolia* Kom.). На прибрежных отмелях и болотах достаточно обычны заросли тростника обыкновенного или южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Тростниковые и вейниковые болота наряду с ивняками занимают большую часть территории ООПТ (рис. 3С).

Вдоль береговой линии оз. Ханка протянулась относительно узкая полоса песчаного пляжа с несомкнутыми растительными группировками, в составе которых: тростник японский (*Phragmites japonicus* Steud.), гетеропоппус Мейендорфа (*Heteropappus meyenendorffii* (Regel et Maack) Kom.), полынь худощавая (*Artemisia macilentata* (Maxim.) Krasch.), шлемник колпаковидный (*Scutellaria galericulata* L.), ослинник волосистый (*Oenothera villosa* Thunb.), горец развесистый (*Persicaria lapathifolia* (L.) Delarbre), ежовник обыкновенный (*Echinochloe crusgalli* (L.) P. Beauv.), астрагал топяной (*Astragalus uliginosus* L.), амброзия полынелистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.), глицине соя (*Glycine soja* Siebold et Zucc.), щетинник малый (*Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult.), и марь белая (*Chenopodium album* L.) (рис. 3D). Здесь же встречаются немногочисленные особи остролодочника ханкайского (*Oxytropis chankaensis* Jurtzev), занесённого в Красную книгу Приморского края (Красная книга... 2008). На более или менее возвышенных участках между заболоченными пространствами и пляжной зоной представлено луговое разнотравье с достаточно богатым видовым разнообразием. В его состав входят: вейник дальневосточный (*Calamagrostis extremiorientalis* (Tzvelev) Prob.), патрэнция скабиозолистная (*Patrinia scabiosifolia* Fisch. ex Trevir.), полыни теневая, маньчжурская и Арджи (*Artemisia umbrosa* (Besser) Turcz. ex DC., *A. mandshurica* (Kom.) Kom., *A. argyi* H. Lév. et Vaniot, соответственно), астра татарская (*Aster tataricus* L. f.), посконник Линдлея (*Eupatorium lindleyanum* DC.), ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum* L.), крыloseмянник индийский (*Pterocypsela indica* (L.) C. Shih), зюзник блестящий (*Lycopus lucidus* Turcz. ex Benth.) и бубенчик мутовчатый (рис. 3F).

По заболоченным берегам мелководного озера, отделённого оз. Ханка невысоким береговым валом, представлены заросли шеноплектуса Табернемонтана (*Schoenoplectus tabernaemontani* (C. C. Gmel.) Palla), цизании широколистной (*Zizania latifolia* Turcz. ex Stapf) и манника длинноколоскового (*Glyceria spiculosa* Roshev. ex V. Fedtsch.), а по илистым отмелям обычны водно-болотные растения: монокхория Корсакова (*Monochoria korsakowii* Regel et Maack), кизляк кистецветковый (*Naumburgia thyrsoiflora* (L.) Rchb.), череда поникающая (*Bidens cernua* L.), дербенник ивовый (*Lythrum salicaria* L.), осока козерогоая (*Carex capricornis* Meinsh. ex Maxim.), ежеголовник корейский (*Sparganium coreanum* H. Lév.). Из водных растений в озере произрастают рдесты (*Potamogeton* spp.), водяные орехи (*Trapa natans* L. s. l.), болотоцветник щитолистный (*Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) O. Kuntze), сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All.), гидрилла мутовчатая (*Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle), горец земноводный (*Persicaria amphibia* (L.) Delarbre) и ряска малая (*Lemna minor* L.).

На характере растительности береговой полосы сказался недавний подъём уровня воды в оз. Ханка; вдоль берега встречаются засохшие деревья дуба, осины, ивы Пьеро и ивы Шверина (рис. 3В). Этот фактор, вероятно, мог отразиться и на видовом составе флоры как в количественном, так и в качественном отношениях.

На песчаном побережье в пределах памятника природы обнаружены выбросы пустых раковин крупных двустворчатых моллюсков-ланцеолярий, занесённых в Красную книгу Российской Федерации (Красная книга... 2021). По фотографии раковин они определены Л. А. Прозоровой как ханкайская ланцеолярия *Lanceolaria*

chankensis Moskvicheva, 1973. Этот вид изредка встречается вдоль западного побережья озера от устья р. Большие Усачи до г. Камень-Рыболов (Прозорова 2021). Из других двустворчатых моллюсков здесь обычна гигантская кристария *Cristaria herculea* (Middendorff, 1847), но встречается и синадонта Шренка *Sinanodonta schrencki* (Lea, 1870) (Саенко, Прозорова 2006; Богатов 2022). Также обильны брюхоногие *Parajuga* sp. и *Amuropaludina* sp. (Прозорова 2000), большие скопления раковин которых обнаружены в августе 2021 г. в южной части пляжа Б (рис. 4А).

Из птиц на территории памятника природы достоверно отмечены на гнездовании фазаны *Phasianus colchicus* Linnaeus, 1758, камышевки *Acrocephalus* sp. и серые цапли *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 (рис. 4В).

На береговой линии зафиксированы следы следующих млекопитающих: енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834), лисица *Vulpes vulpes dolichocrania* Ognev, 1926, барсук *Meles leucurus* Hodgson, 1847, американская норка *Neogale vison* Schreber, 1777, выдра *Lutra lutra* Linnaeus, 1758 и косуля *Capreolus pygargus* Pallas, 1771. Наиболее часто встречались следы енотовидной собаки и выдры (таб. 1). Эти хищники делали массовые поковки на береговых песчаных валах в поисках отложенных черепахи яиц (рис. 4С). Негативная роль вышеупомянутых животных для воспроизводства *P. maackii* неоднократно отмечалась различными исследователями (Булдовский 1936; Дальневосточная черепаха 2018; Костенко и др. 2005; Маслова 2021).

В июне 2019 г. на пляже А мы отметили 12 следовых дорожек дальневосточных черепах. Средняя ширина дорожки равнялась 209.67 мм (n = 12; 130–270). Шесть дорожек вели вглубь суши, т. е. черепахи выходили на сушу для откладки яиц, а не на прогрев. Пляж Б на тот период времени был ещё затоплен.

Табл. 1. Фиксация следов пребывания различных видов млекопитающих на территории памятника природы «Мыс Девичьи Пески» (Приморский край, Россия).

Tab. 1. Fixation of tracks of the presence of different species of mammals on the territory of the natural monument Mys Devich'y Peski (Primorsky Krai, Russia).

Год / Year	2019		2021		2022	
Вид / Species	что отмечено what is marked	обилие abundance	что отмечено what is marked	обилие abundance	что отмечено what is marked	обилие abundance
Енотовидная собака <i>Nyctereutes procyonoides</i>	следы (tracks)	+++	следы, 1 труп взрослой особи	+++	следы (tracks)	+++
Лисица <i>Vulpes vulpes dolichocrania</i>	следы (tracks)	+	следы (tracks)	+	следы (tracks)	+
Барсук <i>Meles leucurus</i>	следы (tracks)	+	следы (tracks)	+	–	–
Американская норка <i>Neogale vison</i>	–	–	следы (tracks)	+	–	–
Выдра <i>Lutra lutra</i>	следы (tracks)	+++	следы (tracks)	+++	следы (tracks)	+++
Косуля <i>Capreolus pygargus</i>	следы (tracks)	++	следы (tracks)	++	–	–

+ – единичные встречи, ++ – обычные, +++ – многочисленные
+ – single meetings, ++ – ordinary, +++ – numerous

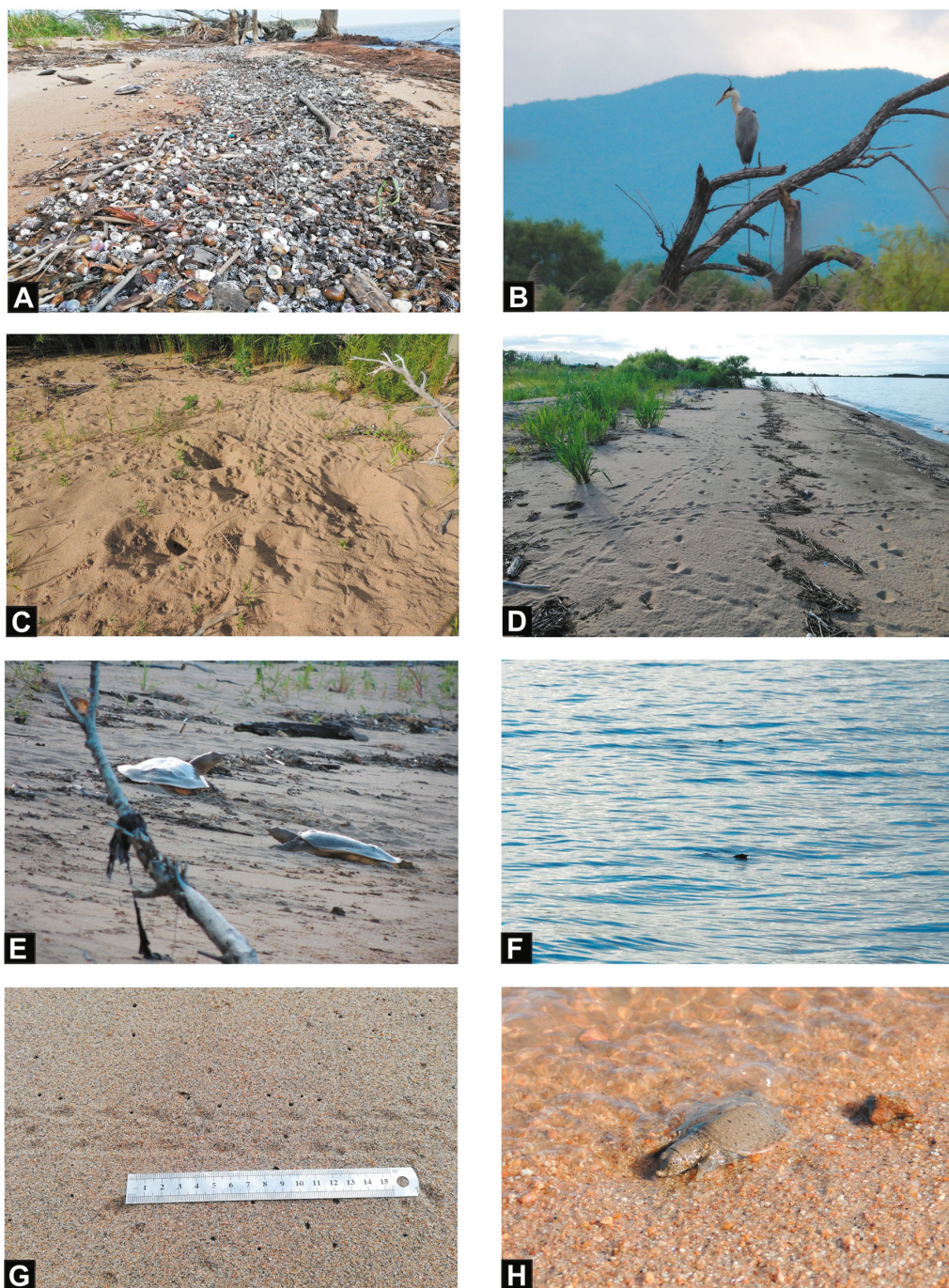


Рис. 4. Животный мир памятника природы «Мыс Девичьи Пески»: А – раковины моллюсков; В – серая цапля *Ardea cinerea*; С – покопки енотовидной собаки *Nyctereutes procyonoides*; D – следы выходов *Pelodiscus maackii* на откладку яиц; Е – черепахи на прогреве; F – черепахи в озере Ханка; G – след сеголетка черепахи из гнезда к воде; H – сеголеток черепахи (фото А–H – И. В. Масловой).

Fig. 4. Wildlife of the nature monument Mys Devich'y Peski: A – mollusk shells; B – Gray heron *Ardea cinerea*; C – raccoon dog *Nyctereutes procyonoides* in search of turtle eggs; D – tracks of *Pelodiscus maackii*; E – *P. maackii* takes a sun bath; F – *P. maackii* in Lake Khanka; G – the track of the turtle baby from the nest to the water; H – the turtle baby (photo A–H – I. V. Maslova).

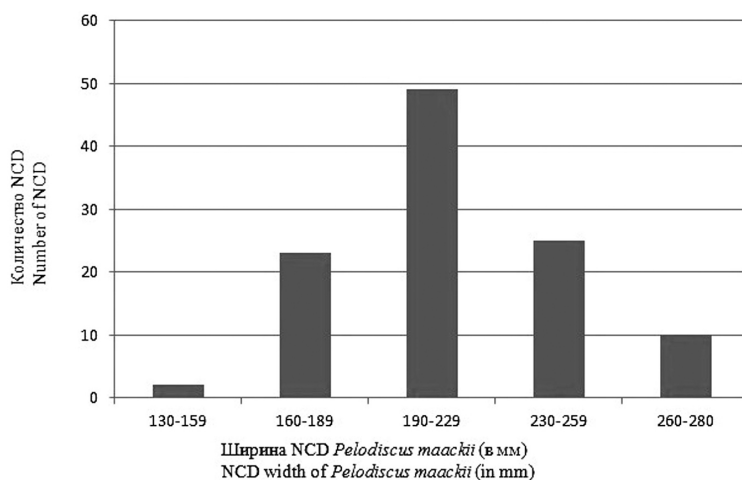
В начале июля 2021 г. на пляже А было также отмечено 12 следовых дорожек *P. taackii*, а на свежесформированном пляже Б – 66 (!). На его отдельных участках выходы черепах из воды располагались буквально через каждые 1–2 м (рис. 4D). Средняя ширина дорожки составила 209.9 мм (n = 78; 170–280). Сезон размножения черепах уже подходил к концу, но даже по старым полуразрушенным следам этих рептилий было видно, что на пляже Б на откладку яиц за последние две недели вышло не менее двадцати ♀♀ *P. taackii*. Многочисленные кладки черепах не остались без внимания мелких хищников. На расстоянии 20–30 м от уреза воды на песчаных валах всё пространство было изрыто енотовидными собаками, искавшими яйца (рис. 4С). Местами валялись фрагменты яичной скорлупы.

В день проведения учётов стояла тёплая и солнечная погода, поэтому удалось визуально отметить двух взрослых черепах на прогреве на берегу и ещё двух в воде, неподалёку от берега (рис. 4Е, 4F).

Когда мы прибыли на «Мыс Девичьи Пески» в третьей декаде августа того же года, то на маршруте кроме 15 следовых дорожек черепах (n=15; средняя ширина дорожки – 219.3 мм; 175–280 мм), мы зафиксировали три точки выхода черепах из кладок: одну на пляже А (два следа из одной кладки) и две на пляже Б (четыре следа из одной кладки в южной части пляжа и одного сеголетка возле уреза воды (визуально) – в северной оконечности пляжа) (рис. 4G, 4H).

Последний выезд на памятник природы состоялся в более прохладный период времени – 10 сентября 2022 г. Следовых дорожек черепах отмечено мало (n = 4; средняя ширина дорожки – 236.25 мм; 225–260 мм). Зафиксирован один выход черепаешка из кладки на пляже А.

Для определения размерной и возрастной структуры местной группировки *P. taackii* мы использовали данные промеров ширины следовых дорожек черепах (n = 109) (рис. 5).



NCD – количество следовых дорожек *Pelodiscus maackii* (the number of tracks of *P. taackii*).

Рис. 5. График размерной и возрастной структуры местной группировки *Pelodiscus maackii*, обитающей в окрестных водах у памятника природы «Мыс Девичьи Пески».

Fig. 5. The graph of the size and age structure of the local grouping *Pelodiscus maackii* living in the near boarding waters near the natural monument Mys Devich'y Peski.

Данные по следовым дорожкам сеголетков в этот график не вносились по нескольким причинам. После выхода из кладки они ведут скрытный образ жизни. Маленькие следы черепашат сохраняются на песке небольшой промежуток времени, при ветреной погоде – считанные часы. Всего было отмечено 7 следовых дорожек сеголетков (шесть – в 2021 г. и одна – в 2022 г.).

По неполовозрелым *P. taackii* зафиксировано только две следовые дорожки с шириной следа 130 и 150 мм (1.83% от всех учтённых черепаших следов). Чаще всего отмечались рептилии с шириной следовой дорожки от 190 до 229 мм (n=49; 44.95%). Это – половозрелые черепахи средних размеров. Следы крупных *P. taackii* с шириной следовой дорожки 230–259 мм регистрировали 25 раз (22.94%). Следовые дорожки особо крупных, старых черепах (более 260 мм) составили 9.7% (n=10) (рис. 5).

Общее количество следовых дорожек дальневосточных черепах на пляжах «Мыса Девичьи Пески», а также их число в расчёте на 1 км береговой линии представлено в таблице 2, где дополнительно приводятся наши данные по другим участкам западного побережья оз. Ханка.

Обсуждение

Показатели по размерному и возрастному составу группировки дальневосточных черепах, обитающих у «Мыса Девичьи Пески», оказались сходными с данными, полученными для «эталонной» территории – участка «Сосновый» заповедника «Ханкайский» за годы высокой водности (n=189; 2015–2018 гг.). В популяции преобладали средние половозрелые (n=75; 39.75%) и крупные половозрелые черепахи (n=41; 21.73%), а неполовозрелых особей фиксировалось мало – 12.19%. Тогда как в годы низкой водности оз. Ханка (n=403; 2001–2005) в популяции преобладали неполовозрелые черепахи (n=162; 40.5%). Молодых половозрелых и средних половозрелых особей было сходное количество, 27% и 28.25%, соответственно. Крупных половозрелых рептилий было мало – 5% (Маслова, 2021). Таким образом, данные, собранные для памятника природы подтверждают наше предположение, высказанное в упомянутой работе, о том, что экстремально высокая водность оз. Ханка негативно сказалась на нескольких поколениях дальневосточной черепахи. Среди всех возрастных групп стали преобладать средние и крупные половозрелые особи, а численность молоди снижается с каждым годом (Маслова 2021).

Данные по обилию черепах в районе «Мыса Девичьи Пески» были также близки по значению с показателями для заповедной территории, и в несколько раз выше, чем для других, неохраемых участков западного побережья оз. Ханка. Для памятника природы среднее количество следовых дорожек *P. taackii* в расчёте на 1 км береговой линии составило 38.2, на косе Пржевальского и пляже залива Казачий (заповедник) – 18.05 и 54, соответственно. Тогда как на остальных немногочисленных пляжах западного побережья оз. Ханка отмечалось всего от 3.25 до 5.6 выходов на 1 км (таб. 2; рис. 6) (Маслова 2021; данные авторов). Очевидно, что *P. taackii* избегает мест, где имеется антропогенный пресс (общественные пляжи, базы отдыха и т. п.).

Шестьдесят следовых дорожек черепах на 1 км береговой линии, зафиксированных нами для данного памятника природы в июле 2021 г., является рекордным показателем за все годы наших исследований. До этого момента максимальное количество следов выходов *P. taackii*, которые мы подсчитывали для западного побережья оз. Ханка, достигало 59 на 1 км береговой линии (коса Пржевальского, заповедник «Ханкайский», 21 августа 2001 г. – данные авторов).

Табл. 2. Встречаемость *Pelodiscus maackii* на различных участках западного побережья оз. Ханка в 2015–2022 гг. (Приморский край, Россия).

Tab. 2. The occurrence of *Pelodiscus maackii* on different plots at the west coast of Lake Khanka in 2015–2022 (Primorsky Krai, Russia).

Место Plot	Песчаные пляжи на побережье памятника природы «Мыс Девичьи Пески» Sand beaches on the coast of natural monument Mys Devich'y Peski					Участок «Сосновый» заповедника «Ханкайский» Plot Sosnovy of Khankaisky Nature Reserve		Песчаные пляжи на неохраямой части западного побережья оз. Ханка Sandy beaches on the no protected part of the west coast of Lake Khanka			
						коса Пржевальского (в сред.) Przhevalsky Spit (mean)	пляж в заливе Казачий (в сред.) the beach in Kozachy Bay (mean)	с. Камень-Рыболов-с.Троицкое Kamen'-Rybolov village – Troitskoye village	с.Платоно-Александровское – с.Новокача-линск Platonov-Alexandrovskeye village – Novokachalinsk village	устье р. Втораяя Речка – с. Турый Рог mouth of Vtoraya Rechka River – Turiy Rog village	
Дата Date	24.06. 2019	05.07. 2021	24.08. 2021	10.09. 2022	в сред. mean	2015– 2018	2015– 2018	2016	2016	2016	
Длина кос (пляжей) (в км) Length of spits (beaches) (in km)	0.3	1.3	1.3	1.3	–	0.87	0.45	4	2.5	2.5	
Всего NCD In total NCD	12	78	15	4	109	15.7	24.3	13	14	13	
NCD/1 км NCD/1 km	40	60	11.54	3.08	38.2	18.05	54	3.25	5.6	5.2	

NCD – количество следовых дорожек *Pelodiscus maackii* (the number of tracks of *P. maackii*).

По нашим приблизительным подсчётам, летом 2021 г. на «Мысу Девичьи пески» дальневосточными черепаками было сделано не менее 40–50 кладок яиц. Это большое количество для столь малой территории. У нас есть предположение, что могло этому способствовать. Возможно, что часть ♀♀ *P. maackii* переместилась на памятник природы для откладки яиц с заповедной территории. «Мыс Девичьи пески» располагается всего в шести километрах от о. Сосновый (заповедник «Ханкайский»), который долгие годы был одним из основных мест размножения ханкайской популяции дальневосточных черепах (Булдовский 1936; Черепанов 1990; Маслова 2016).

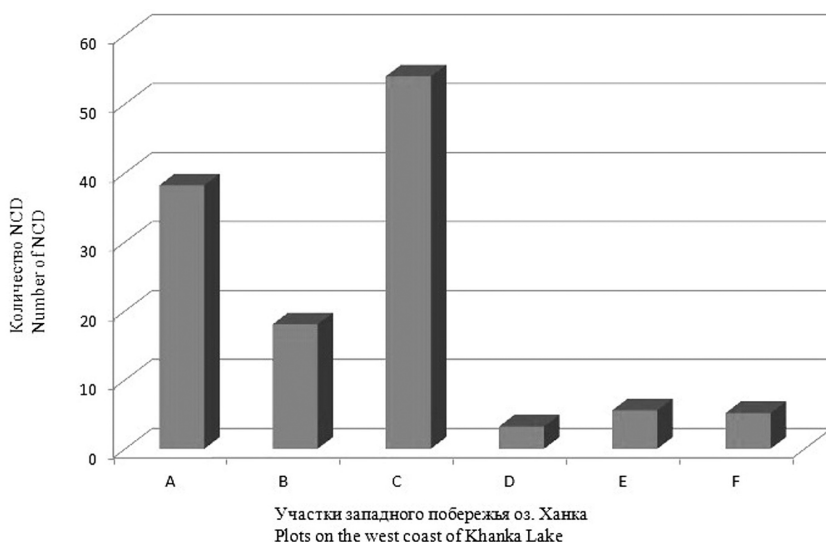


Рис. 6. Количество следовых дорожек *Pelodiscus maackii* (NCD) (по оси Y) для различных участков западного побережья оз. Ханка: А – пляжи на территории памятника природы «Мыс Девичьи Пески» (2019, 2021, 2022 гг.); В – коса Пржевальского (заповедник Ханкайский) (2015–2018 гг.); С – пляж в заливе Казачий (заповедник Ханкайский) (2015–2018 гг.); D – пляжи между с. Камень-Рыболов и с. Троицкое (2016 г.); E – пляжи между с. Платоно-Александровское и с. Новокачалинск (2016 г.); F – пляжи между устьем р. Вторая Речка и с. Турий Рог (2016 г.) (по оси X).

Fig. 6. The number of tracks of *Pelodiscus maackii* (NCD) (on the Y axis) for different plots of western coast of Lake Khanka: A – beaches on the territory of the nature monument Mys Devich'y Peski (2019, 2021, 2022); B – the beach of Przhevalsky Spit (Khankaysky Nature Reserve) (2015–2018); C – the beach in the Kozachy Bay (Khankaysky Nature Reserve) (2015–2018); D – beaches between the of Kamen'-Rybolov village and Troitskoye village (2016); E – beaches between Platono-Alexandrovskoye village and Novokachalinsk village (2016); F – beaches between the mouth of Vtoraya Rechka River and Turiy Rog village (2016) (on the X axis).

Успешному репродуктивному процессу способствовало полное отсутствие на острове хищников, разоряющих черепаши кладки. В августе 2016 г. остров полностью ушёл под воду, и только во второй половине 2022 г. над водой впервые показался песчаный намыв размером не более нескольких метров (В. М. Козырев, личное сообщение). Две заповедные косы (Арсеньева – полностью и Пржевальского – большей частью) также ушли под воду. К 2018 г. вторая коса частично восстановилась в виде километрового острова, но её целиком «оккупировали» для гнездования монгольские чайки и бакланы, что отпугнуло рептилий от откладки там яиц (Маслова 2016, 2021; Маслова, Воробьева 2016). Таким образом, черепахи были вынуждены искать другие места для размножения. Сформировавшийся в 2020–2021 гг. километровый песчаный пляж на «Мысе Девичьи Пески» оказался спасением для этого вида.

Успешное размножение *P. maackii* на «Мысе Девичьи пески» имеет большое значение для всей ханкайской популяции. Во время экспедиционных работ на ханкайском побережье в годы наибольшей водности Ханки (2015–2018 гг.) мы насчитали 29 песчаных пляжей (вне особо охраняемых территорий), потенциально годных для откладки черепахами яиц. Но три года наблюдений показали, что вид откладывал

яйца только на четырёх из них, там, где антропогенный пресс был низким. Большая часть пляжей оз. Ханка активно используется населением в рекреационных целях и «потеряна» для черепах (Маслова 2021; Маслова, Воробьёва 2016). Поэтому огромную ценность имеет каждый сохранившийся «нерестовый» участок.

Значимость данной ООПТ подчёркивает необходимость скорейшего приведения в порядок её документации. Пока большая часть граф в паспорте «Мыса Девичьи пески» пустует. Изучение кадастровых данных по другим приморским памятникам природы выявило у них подобную слабую информативную наполненность. По большинству пунктов стоят пробелы, хотя для сохранения отдельных объектов биоты и среды их статус как памятника природы может быть весьма существенным.

В Паспорт регионального памятника природы «Мыс Девичьи пески» требуется внести следующие изменения:

1. Пункт 7 «Перечень основных объектов охраны памятника природы краевого значения» гласит: «Место обитания дальневосточной черепахи Маака (вписана в Красную книгу СССР) на побережье о. Ханка». Необходимо поменять на «Место размножения дальневосточной черепахи (внесена в Красную книгу России (2021) и Красную книгу Приморского края (2005))».

2. В Пункте 8 «Разрешенные виды деятельности и природопользования: научная, культурно-просветительная, оздоровительная, эстетическая» следует убрать пункты «культурно-просветительная и оздоровительная» или же ввести специальный пункт об ограничении посещения людьми данной ООПТ с середины июня до конца сентября. Этот пункт касается всех памятников природы, где необходим режим покоя. В нашем случае такие ограничения нужны для спокойной откладки яиц черепахи и успешного выхода потомства из кладок.

3. Требуется выполнить повторное картирование памятника природы «Мыс Девичьи Пески», который после проведения кадастровой оценки приморских региональных ООПТ по документации оказался на мысе Рисовый, расположенном севернее мыса Девичьи Пески.

В Кадастровом деле № 088 памятника природы «Мыс Девичьи Пески» (далее – КД), (Кадастровое дело... 2021) надлежит сделать следующие уточнения:

1. Пункт 5. «Профиль». По КД «Профиль не определён». При этом в Перечне особо охраняемых природных территорий Приморского края (Кадастр ООПТ... 2021) указывается «водный» профиль данного памятника природы, хотя он относится к «зоологическому», о чём было написано ещё в тридцать лет назад в работе «Особо охраняемые природные территории Приморского края» (Селедец 1993).

2. В пункте 9 «Нормативная основа функционирования ООПТ» в одной из ячеек таблицы указан другой памятник природы, а именно – «Дворянковский Родник».

3. В пунктах. 18 и 28 необходимо внести исправления в координаты границ после уточнения настоящего места расположения памятника природы.

4. В пункте 20 «Природные особенности ООПТ» следует заполнить графы, используя данные нашей статьи.

5. В пункт 25 «Общий режим охраны и использования ООПТ» следует внести те же изменения, что и в пункт 8 Паспорта объекта.

Выводы

Памятник природы регионального значения «Мыс Девичьи Пески», расположенный на западном побережье оз. Ханка (Приморский край, Россия), играет значимую роль для сохранения ханкайской популяции дальневосточной черепахи

Pelodiscus maackii, занесённой в Красную книгу РФ (2021) и Приморского края (2005). После катастрофического подъёма воды в озере эта охраняемая территория – одно из немногих мест успешного размножения вида. Показано, что дальневосточная черепаха придерживается мест обитания, расположенных вне антропогенного пресса, где её численность на порядок выше, чем на других, неохраняемых местах.

В местной группировке дальневосточных черепах преобладают половозрелые особи средних размеров с шириной следовой дорожки 190–229 мм. Среднее количество следовых дорожек этих рептилий в расчёте на 1 км береговой линии равно 38.2, максимальное – 60 ($n = 109$). Зафиксирована низкая численность неполовозрелых черепах (1.83% от всех учтённых черепаших следов), что говорит о негативных тенденциях в процессах воспроизводства вида. На местах размножения черепах отмечена высокая численность двух видов хищников: енотовидных собак и выдр, разоряющих кладки черепах.

Кроме дальневосточной черепахи на территории «Мыса Девичьи Пески» есть и другие редкие виды биоты, нуждающиеся в охране. На его песчаных пляжах произрастает эндемик ханкайского побережья – остролодочник ханкайский (*Oxytropis chankaensis* Jurtz.), а в прибрежных водах обитает ханкайская ланцеолярия *Lanceolaria chankensis*, внесённая в Красную книгу РФ (2021).

В связи с выявлением ряда ошибок, возникших при проведении паспортизации этого памятника природы, следует внести поправки в его кадастровое дело и паспорт. Необходимо присвоить природному памятнику «Мыс Девичьи Пески» зоологический профиль, указать на кадастровой карте правильное место расположения охраняемой территории и исправить ряд других мелких недочётов.

Благодарности

Выражаем глубокую благодарность сотрудникам ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН Ларисе Аркадьевне Прозоровой и Елене Михайловне Саенко за консультации по малакофауне; сотруднику ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН Юрию Евгеньевичу Дочевому и жителю с. Новониколаевка Валентину Михайловичу Козыреву за всестороннюю поддержку при проведении экспедиционных работ.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000153-7).

Литература (References)

- Аднагулов Э. В. 2008. О методах количественного учёта дальневосточной черепахи *Pelodiscus sinensis* (REPTILIA: TRIONYCHIDAE) // Вопросы герпетологии. Материалы Третьего съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского 9–13 октября 2006 г. Пушино-на-Оке. – СПб: изд-во СПбГУ. С. 11–15. (Adnagulov E. V. 2008. On the ways to census chinese softshell turtle *Pelodiscus sinensis* (REPTILIA: TRIONYCHIDAE). In: The problems of herpetology. Proceedings of the 3th Meeting of the Nikolsky Herpetological Society 9–13 October 2006 Putschino. St. Petersburg: SPbU, pp. 11–15. [In Russian].)
- Аднагулов Э. В., Маслова И. В. 2021. Дальневосточная черепаха *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) // Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-е издание. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». С. 426–427. (Adnagulov E. V., Maslova I. V. 2021. [Amur softshell turtle *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857)]. In: [Red Data Book of the Russian Federation, vol. Animals. The second edition]. Moscow: FBGU «VNIИ Ecologiya», pp. 426–427. [In Russian].)
- Атлас охотника и рыболова Приморского края. 2004. – Владивосток: Безан, 178 с. ([Hunter and fisherman's of Primorsky Krai atlas]. 2004. Vladivostok: Bezan, 178 pp. [In Russian].)
- Берсенева Ю. И., Христофорова Н. К. 2016. Особо охраняемые природные территории Приморского края. – Владивосток: издательский дом Владивостокъ. 68 с. (Berseneva U. I., Khristoforova N. K. 2016. [Protected areas of Primorsky Krai]. Vladivostok: Vladivostok Publishing House, 68 pp. [In Russian].)

- Богатов В. В.** 2022. Крупные двусторчатые моллюски пресных вод России (иллюстрированный атлас). – Владивосток: Дальнаука. 288 с. (**Bogatov V. V.** 2022. Large Bivalve Molluscs of Russia's Fresh Waters (illustrated atlas). Vladivostok: Dalnauka, 288 pp. [In Russian].)
- Булдовский А. Т. 1936. О биологии и промышленном использовании уссурийской (амурской) черепахи *Amyda maakii* (Brand.) // Труды ДВФ АН СССР. Серия зоологическая. Т. 1. – М.-Л.: Издательство АН СССР. С. 62–102. (Buldovsky A. T. 1936. [The biology and economic value of the Ussuri (Amur) Turtle *Amyda maakii* (Brandt)]. In: Proceedings of Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences. Vol. 1. Moscow-Leningrad: Izdatel'stvo AN SSSR, pp. 62–102. [In Russian].)
- Дальневосточная черепаха озера Гасси. 2018. Тагирова В. Т., Андропова Р. С. (ред.) – Хабаровск: АО Хабаровская краевая типография. 173 с. ([*The Far-Eastern Turtle of the Lake Gassi*]. 2018. Tagirova V. T., Andronova R. S. (eds). Khabarovsk: АО «Habarovskaya kraevaya tipografiya», 173 pp. [In Russian].)
- Паспорт памятника природы краевого назначения «Мыс Девичьи пески». 2021. ([*Passport of natural monument of regional significance Mys Devich'i Peski*]. 2021. [In Russian].) <https://koopt.primorsky.ru/oopt/pa/index?id=90&type=view-3> (accessed on 24 April 2023)
- Исаченко А. Г., Шляпников А. А.** 1989. Ландшафты. – М.: Мысль. 504 с. (**Isachenko A. G., Shlyapnikov A. A.** 1989. [Landscapes]. Moscow: Mysl', 504 pp. [In Russian].)
- Кадастр ООПТ. 2021. ([*Cadastrе OOPT*]. 2021. [In Russian].) <https://koopt.primorsky.ru/oopt/pa/list?page=2&per-page=50> (accessed on 24 April 2023)
- Кадастровое дело № 088 от 01.07.2021 на памятник природы регионального значения Мыс Девичьи пески. 2021. ([*Cadastrе file № 088 01.07.2021. Natural monument of regional significance Mys Devich'i Peski*]. 2021. [In Russian].) <https://koopt.primorsky.ru/oopt/pa/index?id=90&type=view-3> (accessed on 24 April 2023)
- Калихман А. Д., Калихман Т. П.** 2015. Памятники природы в природоохранном законодательстве // Известия Алтайского Отделения Русского Географического Общества. № 4 (39). С. 13–20. (**Kalikhman A. D., Kalikhman T. P.** 2015. Natural monuments in environmental legislation. In: *Bulletin of The Altay Branch of the Russian Geographical Society* 4 (39): 13–20. [In Russian].)
- Костенко В. А., Маслова И. В., Тиунов М. П.** 2005. Дальневосточная черепаха *Pelodiscus sinensis* (Wiegmann, 1834) // Красная книга Приморского края: Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Официальное издание. – Владивосток: АВК «Апельсин». С. 183–184 (**Kostenko V. A., Maslova I. V., Tiunov M. P.** 2005. [The Far-Eastern turtle *Pelodiscus sinensis* (Wiegmann, 1834)]. In: [*Red Data Book of Primorsky Krai. Animals. Rare and endangered species of animals. Official edition*]. Vladivostok: AVK Apelsin, pp. 183–184. [In Russian].)
- Красная книга Приморского края: Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Официальное издание. 2005. – Владивосток: АВК «Апельсин». 408 с. ([*Red Data Book of Primorsky Krai. Animals. Rare and endangered species of animals. Official edition*]. 2005. Vladivostok: AVK Apelsin, 408 pp. [In Russian].)
- Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. 2008. – Владивосток: АВК «Апельсин». 466 с. ([*Red Data Book of Primorsky Krai. Animals. Rare and endangered species of Plants and Fungi. Official edition*]. 2008. Vladivostok: AVK Apelsin, 466 pp. [In Russian].)
- Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-е издание. 2021. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с. ([*Red Data Book of the Russian Federation, vol. Animals. The second edition*]. 2021. Moscow: FBGU «VNIИ Ecologiya», 1128 pp. [In Russian].)
- Маслова И. В.** 2016. Влияние подъема уровня воды в озере Ханка на состояние местной популяции дальневосточной черепахи // Журавлев Ю. Н., Клышевская С. В. (отв. ред.). Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы (монограф.). – Владивосток: Дальнаука. С. 198–204. (**Maslova I. V.** 2016. [The influence of Lake Khanka's rising water level on the local population of the Amur softshell turtle]. In: Zhuravlev Yu. N., Klyshevskaya S. V. (ed.) *Transboundary Lake Khanka: Causes of Water Level Rise and Environmental Threats (Monograph)*. Vladivostok: Dalnauka, pp. 198–204. [In Russian].)
- Маслова И. В.** 2021. Предварительная оценка современного состояния популяции дальневосточной черепахи *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) и мест её размножения на оз. Ханка // Журавлев Ю. Н., Клышевская С. В. (отв. ред.). Трансграничное озеро Ханка: современное состояние и перспективы развития (монограф.). – Владивосток: Дальнаука. С. 198–215. (**Maslova I. V.** 2021. [Preliminary assessment of the current State of the northern Soft-shelled Turtle *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) population and its breeding places in Lake Khanka]. In: Klyshevskaya S. V., Nikulina T. V. (ed.) *Transboundary Lake Khanka: current state and prospects of development of the region (Monograph)*. Vladivostok: Dalnauka, pp. 198–215. [In Russian].)

- Маслова И. В., Воробьева П. А.** 2016. Как сохранить ханкайскую популяцию дальневосточной черепахи // Т. С. Вшивкова (отв. ред.). Природа без границ: X Международный экологический форум, 20–21 октября 2016 г., Владивосток, ДВФУ: сборник итоговых материалов. – Владивосток: «Print Mart». С. 140–145. (Maslova I. V., Vorobieva P. A. 2016. [How to keep the population of the Chinese Soft-shell Turtle on Lake Khanka]. In: T. S. Vshivkova (Ed.): Nature without borders: Proceedings of X International ecological forum (20–21 October, 2016). Vladivostok: Print Mart, pp. 140–145. [In Russian].)
- Проект Федерального закона № 288302-8.* 2023. Сайт Государственной Думы. ([Federal law project № 288302-8.] 2023 Webpage of State Duma.. [In Russian].) <https://sozd.duma.gov.ru/bill/288302-8> (accessed on 4 May 2023)
- Прозорова Л. А.** 2000. Аннотированный список водных моллюсков бассейна оз. Ханка // *Бюллетень Дальневосточного малакологического Общества*. Т. 4. С. 10–29. (Prozorova L. A. 2000. Annotated list of the water mollusks of the Lake Khanka drainage. *Byulleten Dalnevostochnogo Malacologicheskogo Obshchestva* 4: 10–29. [In Russian].)
- Прозорова Л. А.** 2021. Ханкайская ланцеолярия *Lanceolaria chankensis* Moskvicheva, 1973 // Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-е издание. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». С. 97–98. (Prozorova L. A. 2021. *Lanceolaria chankensis* Moskvicheva, 1973. In: [Red Data Book of the Russian Federation, vol. Animals. The second edition]. Moscow: FBGU «VNIИ Ecologiya», pp. 97–98. [In Russian].)
- Публичная кадастровая карта Приморского края.* 2023. ([Public cadastral map of Primorsky Krai.] 2023. [In Russian].) <https://egrp365.org/map/?id=g001HH> (accessed on 24 April 2023)
- Саенко Е. М., Прозорова Л. А.** 2006. Пресноводные двустворчатые моллюски (Bivalvia: Unionidae) заповедника «Ханкайский» // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка. Труды Второй международной научно-практической конференции. – Владивосток: ООО РИЦ «Идея». С. 49–56. (Sayenko E. M., Prozorova L. A. 2006. Large freshwater bivalves (Bivalvia: Unionidae) of the Khankaisky Nature Reserve. In: The problems of preservation of Wetlands of international meaning: Lake Khanka: The Proceedings of the Second International science-practical Conference. Vladivostok: ООО RIC “IDEYA”, pp. 49–56. [In Russian].)
- Селедец В. П.** 1993. Особо охраняемые природные территории Приморского края. – Владивосток: Дальнаука. 171 с. (Seledets V. P. 1993. [Specially protected natural areas of Primorsky Krai]. Vladivostok: Dalnauka, 171 pp. [In Russian].)
- Фетисов Д. М.** 2009. Особенности ландшафтного рисунка территории Еврейской автономной области // Региональные проблемы. № 11. С. 50–54. (Fetisov D. M. 2009. Landscape diversity in Jewish Autonomous Region. *Regional problems* 11: 50–54. [In Russian].)
- Ханкайский район [карты]: 80 лет; Карта района: карта с. Камень-Рыболов.* 2006. – Владивосток: Примор. АГП. ([Khankaysky District [maps]: 80 years; District map: map of selo Kamen-Rybolov]. 2006. Vladivostok: Primor. AGP. [In Russian].)
- Христофорова Н. К.** 2018. Дальний Восток России природные условия, ресурсы, экологические проблемы. – Москва: Магистр. 829 с. (Khristoforova N. K. 2018. [Russian Far East natural conditions, resources, environmental problems]. Moscow: Magistr, 829 pp. [In Russian].)
- Чебанько И. А.** 2016. Особенности правового режима памятников природы, дендрологических парков и ботанических садов // Гуманитарные научные исследования. № 12. (Chebanko I. A. 2016. [Features of the legal regime of natural monuments dendrological parks and botanical gardens]. Humanities scientific researches. No. 12 [In Russian]) <https://human.snauka.ru/2016/12/17748> (Accessed on 4 May 2023)
- Черепанов Г. О.** 1990. К биологии дальневосточной черепахи на озере Ханка // Вестник Ленинградского Государственного Университета. Сер. 3. Вып. 2. № 10. С. 23–28. (Cherepanov G. O. 1990. [On the biology of Chinese Softshell Turtle in Lake Khanka]. *Bulletin of Leningrad State University (Ser. 3)* 10(2): 23–28. [In Russian].)
- Baldwin R., Beazley K.** 2019. Emerging Paradigms for Biodiversity and Protected Areas. *Land* 2019, 8(3) 43; <https://doi.org/10.3390/land8030043>
- Lopoukhine N., Crawhall N., Dudley N. et al.** 2012. Protected areas: providing natural solutions to 21st Century challenges. *S.A.P.I.E.N.S* [Online], 5.2 <http://journals.openedition.org/sapiens/1254> (accessed on 29 April 2023)
- Mcneely J.** 2020. Today’s protected areas: Supporting a more sustainable future for humanity. *Integrative Zoology* 15(2). <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12451>

Состав почвенных вод горно-лесных ландшафтов Верхней Уссури и оценка выноса химических элементов

Надежда Константиновна Кожевникова[✉], Анна Геннадьевна Болдескул²,

Татьяна Николаевна Луценко²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
Владивосток, 690022, Российская Федерация

²Тихоокеанский институт географии ДВО РАН Владивосток, 690044,
Российская Федерация

✉ Автор-корреспондент, e-mail: nkozhevnikova@biosoil.ru

Получена 10 мая 2023 г.; принята к публикации 29 мая 2023 г.

Аннотация. Получены новые данные по содержанию и выносу химических элементов с почвенными водами растительных сообществ в бассейне верхнего течения р. Уссури (на примере двух ручьев). Показано, что воды, наиболее богатые элементами минерального питания растений, формируются в гумусовых горизонтах почв, развитых под ильмово-ясеневыми сообществами долинно-пойменных ландшафтов. Более 80% от содержания этих элементов закрепляется в почвенном профиле и расходуется на функционирование сообществ. Воды гумусовых горизонтов долинно-пойменных сообществ являются потенциальным источником поступления элементов в речные воды в периоды максимального выпадения осадков. Почвенные воды минеральных горизонтов склоновых ландшафтов хвойно-лиственных сообществ более кислые и выносят относительно высокие количества растворенного органического углерода, железа, алюминия и фосфора.

Ключевые слова: склоновые и долинно-пойменные ландшафты, почвенные воды, концентрации, оценка выноса химических элементов.

Composition of soil water in mountain forest landscapes of the Upper Ussuri River and the estimation of export of chemical elements

Nadezhda K. Kozhevnikova[✉], Anna G. Boldeskul², Tatyana N. Lutsenko²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS,
Vladivostok, 690022, Russian Federation

²Pacific Geographical Institute of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Russia, Vladivostok, 690041, Russian Federation

✉ Corresponding author e-mail: nkozhevnikova@biosoil.ru

Received 10 May 2023; accepted 29 May 2023

Abstract. This work provides new data on the concentrations and export of chemical elements with soil waters of various plant communities of slope and valley-floodplain landscapes in the basin of upper reaches of the Ussuri River. The data show that the most nutrient-rich waters are formed in humus horizons of soils developed under elm-ash communities of valley-floodplain landscapes. More than 80% of the content of these elements are accumulated in the soil profile and support the functioning of communities. The waters of humus horizons of valley-floodplain communities are a potential source of elements entering river waters during periods of maximum precipitation. Soil waters of the mineral horizons of slope under mixed coniferous-deciduous communities are more acidic and transport relatively high amounts of dissolved organic carbon, iron, aluminum and phosphorus.

Key words: slope and valley-floodplain landscapes, soil waters, concentrations, estimation of export of chemical elements.

Введение

Понимание того, как структура водосбора влияет на гидрологию и гидрохимию поверхностных вод, остается на сегодняшний день важной исследовательской задачей. Для объективной оценки экологического состояния горных рек и ручьев,

являющихся ключевым звеном в цепи формирования количества и качества крупных водных объектов, необходима комплексная оценка их водосборов. Структурно-функциональная организация элементарных водосборов, определяющая интенсивность биологического круговорота, формирование миграционных потоков химических элементов и их вынос за пределы ландшафта, влияет, в конечном итоге, на геохимический тип речных вод (Аржанова, Елпатьевский 2005; Авессаломова и др. 2013).

Основная часть района исследований представлена коренными хвойно-лиственными лесами. Здесь отчетливо выделяются три контрастных пояса лесной растительности: пихтово-еловые, кедрово-еловые и широколиственно-кедровые леса.

Прибрежные зоны вдоль небольших ручьев и рек – важная часть общего ландшафта и участвуют в регулировании и переносе широкого спектра элементов в реки (Lidman et. al. 2017). В долинах горных рек Приморского края произрастают тополёво-чозениевые, ясеневые, ясенёво-ильмовые, ильмово-широколиственные леса; в большей части они пройдены рубками, имеют густой и разнообразный травяно-кустарничковый ярус, который играет заметную роль в круговороте веществ (Васильев 1977; Сапожников и др. 1993; Жильцов 2008). Фитомасса долинных широколиственных лесов накапливает более 180 кг/га зольных элементов и вовлекает в биологический круговорот огромное количество кальция, кремния, калия, натрия. На поверхность почвы с листовым опадом поступает более 95 кг/га зольных элементов, что вдвое больше, чем в хвойных лесах (Сапожников и др. 1993). Кроме того, горно-долинные почвы при значительном увлажнении являются вместилищем и местом транзита всех сконцентрированных склоновых подповерхностных вод. В относительно сухие периоды эти почвы, благодаря близкому расположению грунтовых вод, способствуют поддержанию достаточной водности рек (Жильцов 2008). Чередование процессов переувлажнения и относительного иссушения почв пойм и надпойменных террас создает предпосылки для формирования различных окислительно-восстановительных условий. Это обеспечивает своеобразную геохимическую обстановку по профилю почвы и определяет подвижность и дальнейшую миграцию ряда элементов (Костенков 1987). Согласно вышеназванным и другим литературным источникам, в долинно-пойменных ландшафтах ярко выражены такие биогеохимические процессы, как аммонификация, денитрификация, а также мобилизация, трансформация, осаждение и последующий вынос в реки растворённого органического углерода (РОУ) фосфора, алюминия, железа, марганца и др. Сведения о круговороте веществ в долинных лесах Приморского края весьма малочисленны. Это доказывает важность и необходимость исследований для понимания роли долинных лесов в регулировании и выносе широкого спектра элементов в водные экосистемы.

В ходе настоящих исследований решались следующие задачи: 1) изучение химического состава природных вод (дождевых, почвенных, речных) на примере двух контрастных бассейнов малых рек верховьев Уссури; 2) выполнение сравнительного анализа концентраций элементов в водах гумусового и минерального горизонтов почв различных растительных сообществ склоновых и долинно-пойменных ландшафтов; 3) оценка выноса химических элементов в составе почвенных и речных вод в течение теплого сезона.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились в бассейне реки Правая Соколовка (система верховьев р. Уссури), на площади которого (45 км²) расположен Верхнеуссурийский стационар Федерального научного центра биоразнообразия ДВО РАН (44° 01'35.3" N,

134° 12'59.8" E). По природным характеристикам ландшафты бассейна типичны для среднегорного пояса Южного Сихотэ-Алиня и представлены наиболее сохранившимися в регионе хвойно-широколиственными лесами. Долины ручьев и малых рек занимают около 5% водосборной площади и представлены смешанными хвойно-лиственными лесами. Долинно-пойменные леса, как и все коренные леса Сихотэ-Алиня, сложные по структуре, многоярусные, многовидовые. В их составе особенно заметно участие ясеня маньчжурского, ильма долинного, ольхи волосистой, березы (белой и желтой), нескольких видов кленов, ели аянской и кедра корейского (Сапожников и др. 1993).

Почвенный покров территории представлен, в основном, типичными буроземами разной степени оподзоленности и оглеения (Bugaets et al. 2021). Объекты исследования – почвенные воды, характеризующие наиболее распространенные в долинах р. Правая Соколовка и ее притоков, горно-долинные почвы (табл. 1), сформированные на речных песчано-галечниковых и делювиально-аллювиальных отложениях (Жильцов 2008; Bugaets et al. 2021). Гранулометрический состав делювия – средний пылевато-песчаный суглинок. В системе растительность–почва массообмен протекает интенсивно, что способствует значительному накоплению гумуса. Несмотря на высокую зольность листового опада, скорость и полноту его разложения, гумус долинных, как и других почв исследуемого бассейна, носит, как правило, выраженный фульватный характер, за исключением гумусовых горизонтов буроземов темных и типичных. По типу накопления гумусовых веществ почвы долинных широколиственных биогеоценозов Верхнеуссурийского стационара выделены в группу с аккумулятивно-кислым неагрессивным алюминий–феррум–кальциевым гумусонакоплением (Селиванова 1983).

Для выполнения поставленных задач в пределах устьевых участков ручьев Березовый и Медвежий Ключ были выбраны два профиля, в которых лесные сообщества крутых склонов речных долин сменялись местообитаниями в пределах плоского рельефа надпойменных террас (табл. 1). Ключевые участки этих речных бассейнов отличались сочетанием видов деревьев, подлеска, травяного напочвенного покрова и почв. Классификационная принадлежность почв ключевых участков установлена согласно почвенной карте района работ (Bugaets et al. 2021).

Табл. 1. Характеристика мониторинговых площадок.

Table 1. Characteristics of the monitoring sites.

Бассейн (ручей) Basin (stream)	Расположение по рельефу, высота над ур. м., м Relief location, height above sea level, m	Лесные сообщества Forest communities	Названия почвы* Soils name*
Медвежий Ключ Medvezhiy Klyuch	Средняя часть крутого северо-западного склона, 750	Елово-широколиственный лес с кедром и пихтой	Буроземы типичные
	Долина ручья, 2-я надпойменная терраса, 400	Разнотравно-кустарниковый ильмово-ясеневый лес	Аллювиальные серогумусовые (дерновые) типичные
Березовый Beryozovuyi	Средняя часть крутого западного склона, 700	Папоротниковый пихтово-еловый лес	Буроземы оподзоленные
	Долина ручья, 2-я надпойменная терраса, 500	Вторичный хвойно-лиственный лес	Буроземы типичные

* Название почвы по современной классификации почв России (Шишов и др. 2004)

* Soil name according to the modern classification of Russian soils (Shishov et al. 2004)

Наблюдения за химическим составом природных вод выполнялись в теплый сезон 2022 года (апрель–октябрь). Синхронный сбор вод производился на протяжении миграционного пути, включающего атмосферные осадки, почвенные и речные воды. Атмосферные выпадения собирались в химически нейтральные коллекторы, которые были установлены на поляне в 3–4 м от деревьев и построек и на 100–150 см выше поверхности почвы. Суммарно за сезон было отобрано 10 проб дождевых вод, включающих суточные и недельные суммы выпавших осадков. Почвенные воды под гумусовым и минеральным (40–50 см) горизонтами собирались на четырех площадках, занимающих различные позиции в ландшафте. Под почвенные горизонты устанавливались гравитационные лизиметры-планшеты. Вода из минеральных горизонтов горно-долинных почв извлекалась с использованием вакуумных лизиметров с керамическим наконечником. Отбор проб речных вод производился в замыкающем створе ручьев с одновременным измерением расходов (Болдескул и др. 2014). Всего было отобрано 62 пробы почвенных и речных вод.

Аналитическая обработка включала фильтрацию с помощью фильтров с размерами пор 0.45 мкм. Прошедшие через фильтр соединения рассматривались как сумма растворенных и коллоидных форм (Shulkin et al. 2022). Определение элементного состава выполнялось с учетом необходимых методических требований. Содержание микроэлементов (Fe, Al, Mn, Cu и Pb) и фосфора определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Agilent 7700 x (Agilent Techn., США) в центре коллективного пользования ДВГИ ДВО РАН. Анализ макрокомпонентов выполнялся в Центре ландшафтной экодиагностики и ГИС-технологий ТИГ ДВО РАН. Содержание главных анионов (Cl , SO_4 , NO_3) определялось на жидкостном хроматографе Shimadzu LC10Avp, главных катионов (Ca, Mg, K, Na) – на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu AA 6800. Растворенный органический углерод (POУ) – с помощью ТОС-анализатора (Shimadzu ТОС-VCPN). В нефилтрованной пробе в день отбора определяли кислотность (рН) и содержание гидрокарбонат-иона по стандартной методике (Руководство по... 1977).

Поступление и вынос химических элементов рассчитывали как произведение концентрации химических элементов (в мг/л) на количество осадков (приход, мм) или слой стока (вынос, мм) за необходимый период. Слой воды, прошедший через гумусовый горизонт, был принят из расчета 45–50%, через минеральный – 20–35% от суммарного количества осадков (Аржанова, Елпатьевский 2005). Речной сток был рассчитан с применением кривых $Q = f(H)$ на основании измеренных расходов (Q) и уровней (H) воды.

Результаты и обсуждение

Основной количественный анализ был сфокусирован на элементах, имеющих важное значение для функционирования горно-лесных ландшафтов: POУ, азот в форме нитрат-иона (N-NO_3), кальций, калий, алюминий (Al), железо (Fe), марганец (Mn), медь (Cu), фосфор (P). В круг обсуждаемых элементов были также включены сера сульфатов (S-SO_4) и свинец (Pb), входящие в перечень приоритетных загрязняющих веществ (Ершов и др. 2019; Lukina et al. 2018).

Характеристика дождевых вод. Период с апреля по октябрь 2022 года был относительно влажный (табл. 2). За это время в виде дождя выпало 729 мм, средняя температура воздуха составила 13.7 °С. С мая по август осадки в течение месяца выпадали равномерно. В сентябре 80% от общего количества осадков пришлось на период прохождения тайфуна, когда суточное (6 сентября) количество осадков

Табл. 2. Метеорологическая характеристика исследуемой территории с 14 апреля по 9 октября 2022 года.

Table 2. Meteorological characteristics of the study area from April 14 to October 9, 2022.

Месяц Month	Средняя температура, °C Average temperature, °C	Влажность, % Humidity, %	Осадки, мм Precipitation, mm	Число дней с осадками Precipitation days
Апрель (April)	6.2	61.1	35.4	4
Май (May)	10.0	74.7	105.3	20
Июнь (June)	14.3	83.7	124.8	18
Июль (July)	20.0	89.1	168.0	17
Август (August)	17.3	89.3	115.8	20
Сентябрь (September)	12.7	84.3	177.6	9
Октябрь (October)	6.0	72.2	2.4	2

составило 133.8 мм. Состав дождевых вод – гидрокарбонатно-кальциевый. Их минерализация варьировала от 2 до 10 мг/л, а средняя величина составила 5.14 ± 2.40 мг/л. Эти показатели близки к рассчитанным нами в предыдущие периоды исследования (Kozhevnikova et al. 2022) и сравнимы с полученными для заповедных территорий Российской Федерации (Свистов и др. 2015). Более 60% образцов дождевой воды характеризовались величиной рН, близкой к равновесному значению 5.6, а средневзвешенное значение за сезон составило 5.38. В период активной вегетации в дождях наблюдалось высокое содержание РОУ. В пробах, отобранных после продолжительного (4–7 дней) сухого периода в июле–августе, концентрации РОУ превышали 4 мг/л. Средневзвешенное значение РОУ за теплый период (2.96 мг/л) было сопоставимо с литературными данными (Iavorivska et al. 2016).

В табл. 3 отражено суммарное поступление элементов за исследуемый теплый сезон 2022 г. Диапазон ежемесячных выпадений РОУ составил 3–6 кг/га, суммы минеральных компонентов – от 6 до 11 кг/га. Поступление в составе атмосферных осадков серы (S-SO₄) и азота (N-NO₃) изменялось в течение сезона от 0.1 до 0.7 кг/га. Суммарно за сезон на водосборную площадь бассейна р. Правая Соколовка выпало примерно равное количество серы (S-SO₄) и азота (N-NO₃) – около 6 т. Эти показатели существенно ниже критических уровней, рассчитанных для бореальных лесов (Lukina et al. 2018). Среди микроэлементов, поступивших с дождевыми водами, стоит отметить превышение пороговых концентраций, найденных для пресных вод на основе многочисленных экспериментальных и натуральных данных (Moiseenko, Gashkina 2007), для Cu (в 1.5 раза) и Pb (в 4 раза). Поступления меди и свинца

Табл. 3. Поступление макро- и микроэлементов с дождевыми водами.

Table 3. Wet-deposition fluxes of macro and microelements.

Элемент Element	Поступление, кг/га Wet-deposition, kg/ga	Элемент Element	Поступление, г/га Wet-deposition, g/ga
РОУ/ DOC	20.5	P	86.6
C-HCO ₃	3.7	Al	65.3
S-SO ₄	1.56	Fe	113
N-NO ₃	1.19	Mn	11.3
Ca	8.86	Cu	5.98
K	0.57	Pb	9.27

за исследуемый период (табл. 3) достигали нижнего уровня критических пределов, установленных для лесных ландшафтов (Lukina et al. 2018).

Характеристика почвенных вод. В долинах небольших ручьев, входящих в систему бассейна р. Правая Соколовка, преобладают лиственные древостой. Изреженность лесного полога способствует росту высокозольных кустарников и трав, а более высокие, чем в склоновых сообществах, влажность и температура воздуха обуславливают быструю трансформацию органического вещества и ускоряют гумусообразование (Селиванова 1983). Эти факторы способствуют развитию относительно мощного органогенного горизонта. В почвах под высокотравными ильмово-ясеневыми лесами в нижнем течении руч. Медвежий Ключ мощность гумусового горизонта варьирует от 7–10 до 15–20 см. Под смешанными мелкотравными сообществами надпойменных террас ручья Березовый, сформированными, преимущественно, тополем, ольхой, ильмом и разными видами берез и кленов, мощность горизонта не превышала 10–12 см.

Содержание элементов в почвенных водах склоновых и долинно-пойменных ландшафтов. Все исследованные почвенные воды по преобладающим ионам являются гидрокарбонатно-кальциевыми (рис. 1). По содержанию гидрокарбонатов в водах из-под гумусового горизонта (рис. 1А) лесные сообщества можно расположить в ряд: ильмово-ясеневые > пихтово-еловые > елово-широколиственные > вторичные хвойно-лиственные. В водах из-под минерального горизонта елово-широколиственных и вторичных хвойно-лиственных сообществ концентрация практически всех элементов увеличивается, а в пихтово-еловых – уменьшается в 2–9 раз (рис. 1В). В нижних почвенных горизонтах ильмово-ясеневых сообществ в воде увеличивается содержание сульфатов, кальция и натрия. Концентрации остальных макроэлементов составляют более 50% относительно их начального содержания в гумусовых водах (рис. 1В).

Анализ химического состава почвенных вод показал, что через гумусовый горизонт долинных биогеоценозов фильтруются наиболее минерализованные растворы. Самые высокие концентрации практически всех исследуемых элементов и ионов выявлены в водах гумусовых горизонтов ильмово-ясеневых сообществ. Исключением было содержание иона калия и марганца (рис. 1А, табл. 4), концентрации которых в водах из-под гумусового горизонта пихтово-еловых сообществ превышали остальные в 3–6 раз. Среднее содержание общего фосфора в водах ильмово-

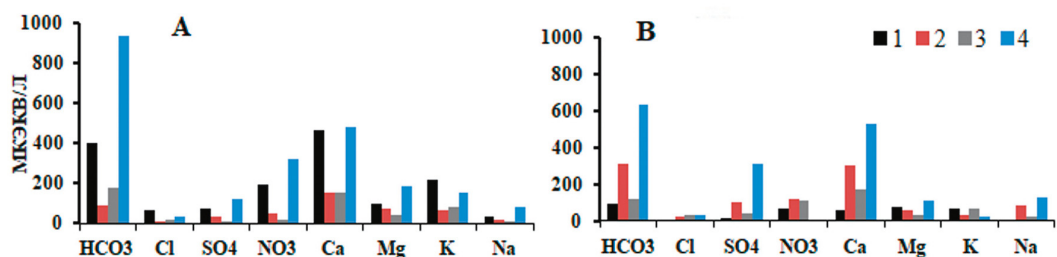


Рис. 1. Содержание основных ионов (мкэкв/л) в почвенных водах гумусового (А) и минерального (В) горизонтов исследуемых лесных сообществ (1 – пихтово-еловые; 2 – вторичные хвойно-лиственные; 3 – елово-широколиственные; 4 – ильмово-ясеневые).

Fig. 1. The content of macroelements (µeq/l) in soil waters of humic (A) and mineral (B) horizons of the forest community under study (1 – fir-spruce; 2 – secondary coniferous-deciduous; 3 – spruce-broad-leaved; 4 – elm-ash).

Табл. 4. Средневзвешенные концентрации фосфора и микроэлементов (мкг/л) в почвенных водах гумусового и минерального горизонтов исследуемых лесных сообществ.

Table 4. Weighted average concentrations of phosphorus and microelements ($\mu\text{g/l}$) in soil waters of the humus and mineral horizons of the studied forest communities.

Элемент Element	Склоновые Slope		Долинно-пойменные Valley-floodplain	
	гумусовый humus	Минеральный mineral	гумусовый humus	минеральный mineral
Руч. Березовый / Beryozovyi Stream				
P	168	224	102	22.5
Al	217	417	233	93.3
Fe	102	125	140	48.9
Mn	46.0	48.3	9.12	3.05
Cu	1.33	1.03	1.17	1.5
Pb	0.32	0.41	0.37	0.31
Руч. Медвежий Ключ / Medvezhiy Klyuch Stream				
P	68.0	170	1600	14.2
Al	203	215	190	17.1
Fe	110	121	285	4.1
Mn	1.78	3.87	16.9	32.1
Cu	1.0	0.81	7.9	1.0
Pb	0.24	0.87	0.33	1.7

ясеновых сообществ было в десятки раз выше, чем в водах всех остальных (табл. 4). Распределение растворимого органического углерода в водах верхних горизонтов почв исследуемых лесных сообществ имело сходные с гидрокарбонатами тенденции (рис. 1А, рис. 2). Одним из факторов высоких концентраций РОУ в водах гумусового горизонта ильмово-ясеновых сообществ может быть участие в их составе ясеня маньчжурского, свежий опад которого включает более 8% растворимых органических соединений. Это максимальное количество по сравнению с содержаниями РОУ

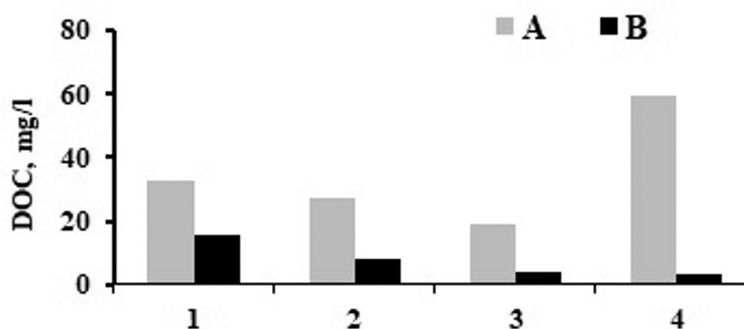


Рис. 2. Средняя концентрация растворенного органического углерода (РОУ, мг/л) в водах гумусового (А) и минерального (В) горизонтов почв лесных сообществ склоновых и долинно-пойменных ландшафтов в бассейне ручьев Березовый (1, 2) и Медвежий Ключ (3, 4).

Fig. 2. Dissolved organic carbon average concentration (DOC, mg/l) in the humic (A) and mineral (B) horizons soil water of the forest communities of slope and valley-floodplain landscapes in the Beryozovyi (1, 2) and Medvezhiy Klyuch (3, 4) stream basins.

в опаде таких пород, как ель аянская (4.8%), кедр корейский (2.6%), пихта белокорая (2.3%) (Сапожников 1972).

После фильтрации через иллювиальный горизонт максимальные изменения концентраций практически всех анализируемых элементов происходят в водах почв ильмово-ясеневых сообществ. Особенно заметно снижение РОУ, фосфора, калия и нитратов (рис. 1В, 2, табл. 4).

Практически весь нитратный азот и более 80% других элементов питания на пути от гумусового горизонта к минеральному, вероятнее всего, потребляются растительностью, утилизируются почвенной микрофлорой и/или закрепляются в гумусовых соединениях. В водах минеральных горизонтов почв вторичных хвойно-лиственных сообществ (долина руч. Березовый) выявлено увеличение растворенных форм нитратного азота, а под расположенными выше по склону почвами пихтово-еловых сообществ – общего фосфора, железа, алюминия и марганца. Концентрация РОУ в водах минеральных горизонтов снижается на 70–80%, но остается более высокой, чем в водах почв сообществ бассейна руч. Медвежий Ключ (табл. 1). В водах минеральных горизонтов пихтово-еловых лесов наблюдается увеличение с глубиной концентраций Fe, Al, Mn, здесь же отмечается наиболее высокое содержание РОУ среди всех исследованных вод минеральных горизонтов, (табл. 4, рис. 2). Fe и Al могут быть связаны в комплексы с РОУ, который также является фактором роста кислотности растворов, что способствует повышению подвижности этих элементов (Аржанова, Елпатьевский 2005; Lukina et al. 2018). Снижение концентраций растворимых форм Fe и Al в минеральных горизонтах других сообществ может быть обусловлено переходом их истинно растворимых форм в коллоидное состояние. Согласно другим исследованиям доля взвешенных форм Fe, Mn, Al в процессе внутрипочвенного переноса возрастает с глубиной и максимальна (50–80%) для железа (Елпатьевский 1993).

Вынос элементов с почвенными водами. С целью оценки влияния почв на состав речного стока была рассчитана величина выноса рассматриваемых химических элементов с почвенными водами (табл. 5). Как уже было отмечено ранее, изменения состава лизиметрических вод в процессе миграции от верхних к срединным почвенным горизонтам наиболее заметны в долинно-пойменных ландшафтах нижнего течения руч. Медвежий Ключ. В периоды выпадения интенсивных дождей с 1 га площади, занятой ильмово-ясеневыми лесами, с водами гумусового горизонта выносятся 3–14 кг нитратного азота ($N-NO_3$), 38–80 кг РОУ, более 5 кг фосфора и около 0.2 кг железа и алюминия. В сумме в течение теплого периода за пределы гумусового горизонта вышеупомянутых сообществ долины руч. Медвежий Ключ было вынесено в 10–30 раз больше нитратов, общего фосфора, марганца и меди, остальных элементов – в 2–8 раз больше, чем на склоне (табл. 3). Ниже 40–50-см слоя поступало 30–72% от выщелачиваемых из гумусового горизонта почв кальция, марганца, меди и свинца (табл. 5).

В ходе сравнения выноса элементов из минеральных горизонтов почв обоих надпойменных террас особенно видна разница между содержанием в водах РОУ, нитратного азота и важных литофильных элементов – Fe и Al. Концентрации РОУ, Fe и Al в водах ручья были несколько выше, чем в водах минеральных горизонтов почв, как на склонах, так и в пойменных участках. Это позволяет предположить, что решающее влияние на качество воды в ручье оказывает поступление элементов с растворами преимущественно верхних почвенных горизонтов в периоды интенсивных дождей. В условиях часто затапливаемых в паводковые периоды почв широколиственных ильмово-ясеневых лесов, возможно восстановление Fe(III) до более

Табл. 5. Вынос химических элементов (кг/га) с речным стоком, водами гумусового и минерального горизонтов почв склоновых и долинно-пойменных ландшафтов.

Table 5. Export of chemical elements (kg/ha) with river runoff, waters of the humus and mineral horizons of soils of slope and valley-floodplain landscapes.

Элемент Element	Склоновые Slope		Долинно-пойменные Valley-floodplain		Речные воды River water
	гумусовый humus	минеральный mineral	гумусовый humus	минеральный mineral	
Руч. Березовый / Beryozovyi Stream					
POY/DOC	108	24.7	89.2	13.2	8.35
N-NO ₃	5.32	1.85	3.07	3.47	2.18
S-SO ₄	3.17	0.69	1.10	2.58	4.10
Ca	20.0	2.0	8.14	6.86	9.87
K	24.0	4.40	6.76	2.22	1.78
P	0.55	0.360	0.335	0.036	0.023
Al	0.712	0.668	0.764	0.150	0.129
Fe	0.334	0.201	0.459	0.078	0.067
Mn	0.152	0.077	0.030	0.005	0.002
Cu	0.004	0.002	0.004	0.002	0.001
Pb	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Руч. Медвежий Ключ / Medvezhiy Klyuch Stream					
POY/DOC	63.6	17.3	199	4.34	12.1
N-NO ₃	0.50	4.36	10.1	0.01	1.25
S-SO ₄	0.70	1.07	6.29	6.83	5.78
Ca	9.81	5.56	28.3	15.1	21.4
K	9.43	4.24	19.7	0.61	1.07
P	0.223	0.027	5.66	0.019	0.066
Al	0.665	0.345	0.615	0.022	0.301
Fe	0.362	0.195	0.925	0.005	0.236
Mn	0.006	0.006	0.058	0.042	0.005
Cu	0.003	0.001	0.028	0.001	0.003
Pb	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001

подвижного Fe(II). Вероятно, протекающие в результате постоянного переувлажнения окислительно-восстановительные реакции, вымывание из почв, склонов и надпойменных террас органических веществ, определяющих повышение кислотности речной воды (Кожевникова и др. 2022), а также другие процессы, могут выступать факторами высокой вариабельности (от 8 до 450 мкг/л) растворимых (< 0.45мкм) форм железа и алюминия в руч. Медвежий Ключ.

В водах нижних горизонтов долинных почв сообществ вторичных хвойных лесов (руч. Березовый) концентрации и вынос таких элементов, как азот в нитратной форме, сера в форме сульфатов и кальций значительно выше по сравнению с пихтово-еловыми сообществами (рис. 1, табл. 5). Причиной этого может быть мобилизация элементов в раствор из почв и подстилающих пород. Масштабы миграции остальных элементов неоднозначны. Максимально резкое снижение выноса POY наблюдается в почвах сообществ долинно-пойменных ландшафтов обоих бассейнов. При этом в этих же позициях идет уменьшение выноса с глубиной Fe и Al, что свидетельствует об их аккумуляции в почвенном профиле. В почвах склоновых сообществ вынос POY, Fe и Al снижается с глубиной незначительно, так как эти позиции заняты хвойными

лесами, что является причиной большей кислотности почвенных вод и подвижности рассматриваемых элементов (Аржанова, Елпатьевский 2005; Луценко и др. 2021).

В пойменных почвах сообществ вторичных хвойных лесов по сравнению с ильмово-ясеновыми прослеживается более интенсивная миграция и вынос растворенных форм РОУ, Fe и Al из минеральных горизонтов почв. Фактором резкого падения концентраций и выноса РОУ, и связанных с ним в комплексы Fe и Al в почвах ильмово-ясеновых сообществ, возможно, являются процессы их осаждения и сорбции на поверхности гидроксидов Fe и Al почвенных минералов (Kalbitz et al. 2000). Для этих процессов важное значение имеет скорость водообмена, определяемая рельефом (Перельман 1989), поэтому аккумуляция РОУ, Fe и Al в склоновых позициях ландшафтов менее выражена.

В почвенных водах минеральных горизонтов вторичных хвойных лесов (руч. Березовый) по сравнению с таковыми ильмово-ясеновых сообществ (руч. Медвежий Ключ), содержание РОУ выше в три, а N-NO₃ – в триста раз. Это может быть вызвано действием восстановительных процессов, приводящих к снижению содержания (концентрации) нитратов. В течение летне-осеннего сезона с водами минерального горизонта этих почв выносятся от 3 до 5 кг/га РОУ, от 1 до 1.5 кг/га нитратного азота. Возможно, вынос такого количества РОУ и азота обеспечивает поддержание более выраженного, синхронного с РОУ, переноса Al и Fe из почв в поверхностные воды. Это обуславливает стабильно высокие концентрации растворенных форм алюминия и железа в водах руч. Березовый в течение всего теплого сезона. Важна также роль почв надпойменных террас ручья в регулировании нитратов, вынос которых с водами ручья составляет более 60% от поставляемых из почв прибрежных зон (табл. 5). Рост концентрации нитратов в нижних горизонтах лесных почв часто сопровождается увеличением содержания растворенного алюминия (Maitat et al. 2000). В районе настоящих исследований была установлена достоверная значимая корреляционная связь между содержанием алюминия и нитратного азота в речной воде (Кожевникова и др. 2022).

Заключение

Сравнительный анализ содержания и выноса химических компонентов с почвенными водами склоновых и долинных ландшафтов показал, что лесные сообщества последних биогеохимически более активны и могут оказывать повышенное влияние на величину выноса растворенных веществ в речные воды в периоды высокой водности. Полученные результаты свидетельствуют, что наиболее минерализованные растворы выносятся из гумусового горизонта почв, развитых под ильмово-ясеновыми сообществами. Для них характерны наиболее высокие относительно других почв концентрации растворенного органического углерода, нитратного азота, общего фосфора, железа, марганца и меди, соответственно и вынос этих элементов из гумусового горизонта значителен. Тем не менее, свыше 80% от содержания этих элементов закрепляется в почвенном профиле и расходуется на функционирование лесных сообществ, и уже из минеральных горизонтов выносятся минимальные количества. Под хвойно-лиственными сообществами склоновых ландшафтов более кислые почвенные воды минеральных горизонтов выносят относительно высокие количества РОУ, нитратного азота, железа и алюминия. Это обеспечивает поддержание устойчивого уровня их содержания в речных водах. Для того чтобы сделать окончательные выводы о концентрациях химических компонентов и величине их выноса с почвенными водами прибрежных зон горных рек и ручьев, требуется долгосрочный мониторинг в различные по характеру увлажнения периоды и годы.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (темы № 121031000134-6 и № 122020900184-5) и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-05-00812).

Литература (References)

- Авессаломова И. А., Савенко А. В., Хорошев А. В.** 2013. Ландшафтно-геохимическая контрастность среднетаежных речных бассейнов как фактор формирования ионного стока // *Вестник МГУ. Сер. 5. География.* № 4. С. 3–10. (**Avessalomova I. A., Savenko A. V., Horoshev A. V.** 2013. Landscape-geochemical contrasts of the middle taiga river basins as a factor of the ion discharge formation. *Vestnik. MGU*(4): 3–10. [In Russian].) <https://www.elibrary.ru/rdwyywb>
- Аржанова В. С., Елпатьевский П. В.** 2005. Геохимия, функционирование и динамика горных геосистем Сихотэ-Алиня (юг Дальнего Востока России). – Владивосток: Дальнаука. 253 с. (**Arzhanova V. S., Yelpatyevsky P. V.** 2005. Geochemistry, functioning, and dynamics of rock geosystems of Sikhote–Alin (Southern Russian Far East). Vladivostok: Dalnauka, 253 pp. [In Russian].)
- Болдескул А. Г., Бурдуковский М. Л., Луценко Т. Н., Кожевникова Н. К., Шамов В. В., Губарева Т. С.** 2019. Роль почв в формировании состава природных вод в ландшафтах хвойно-широколиственных лесов центрального Сихотэ-Алиня // *Лесные почвы и функционирование лесных экосистем. Материалы VIII Всероссийской научной конференции с международным участием 24–27 сентября 2019.* – М.: ЦЭПЛ РАН. С. 163–166. (**Boldeskul A. G., Burdukovsky M. L., Lutsenko T. N., Kozhevnikova N. K., Shamov V. V., Gubareva T. S.** 2019. The role of soils in the formation of the composition of natural waters in the landscapes of mixed coniferous-broadleaved forest ecosystems of the Central Sikhote-Alin. In: *Forest soils and the functioning of forest ecosystems. Proceedings of the VII All-Russian Scientific Conference with international participation, September 24–27, 2019.* Moscow: CEPL RAS, p. 163–166. [In Russian].) <https://www.elibrary.ru/orhfyc>
- Болдескул А. Г., Шамов В. В., Гарцман Б. И., Кожевникова Н. К.** 2014. Ионный состав генетических типов вод малого речного бассейна: стационарные исследования в Центральном Сихотэ-Алине // *Тихоокеанская геология.* 2014. Т. 33. № 2. С. 90–101. (**Boldeskul A. G., Shamov V. V., Gartsman B. I., Kozhevnikova N. K.** 2014. Ionic composition of genetic types of waters of small river basin: stationary studies in the Central Sikhote Alin”. *Tikhookeanskaya Geology* 33 (2): 90–101. [In Russian].)
- Васильев Н. Г.** 1977. Долинные широколиственные леса Сихотэ-Алиня. – М.: Наука. 116 с. (**Vasil'ev N. G.** 1977. [Valley broad-leaved forests of Sikhote-Alin]. М.: Nauka, 116 pp. [In Russian].)
- Елпатьевский П. В.** 1993. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. – М.: Наука. 254 с. (**Yelpatyevsky P. V.** 1993. Geochemistry of migration fluxes in the natural and natural–anthropogenic geosystems. М.: Nauka, 254 pp. [In Russian].)
- Ершов В. В., Исаев Л. Г., Поликарпова Н. В.** 2019. Содержание тяжелых металлов в атмосферных выпадениях в окрестностях заповедника «Пасвик» // *Вестник МГТУ.* Т. 22. № 1. С. 83–89. (**Ershov V. V., Isaeva L. G., Polikarpova N. V.** 2019. The content of heavy metals in atmospheric deposition in the Pasvik Nature Reserve vicinity. *Vestnik MSTU*(1): 83–89. [In Russian].) <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2019-22-1-83-89>
- Жильцов А. С.** 2008. Гидрологическая роль горных хвойно-широколиственных лесов Южного Приморья. – Владивосток: Дальнаука. 331 с. (**Zhil'tsov A. S.** 2008. Hydrological role of mountain coniferous-broad-leaved forests in Southern Primorye. Vladivostok: Dalnauka, 331 pp. [In Russian].)
- Кожевникова Н. К., Болдескул А. Г., Луценко Т. Н., Шамов В. В., Еловский Е. В., Касуров Д. А.** 2022. Микроэлементы в речных водах горно-лесных бассейнов (юг Дальнего Востока России) // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов.* Т. 333. № 6. С. 190–205. (**Kozhevnikova N. K., Boldeskul A. G., Lutsenko T. N., Shamov V. V., Elovskiy E. V., Kasurov D. A.** 2022. Microelements in river water of mountain forest basins (southern Russian Far East). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering* 333(6): 190–205. [In Russian].) <https://doi.org/10.18799/24131830/2022/6/3548>
- Костенков Н. М.** 1987. Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического перувлажнения (Дальний Восток). – М.: Наука. 191 с. (**Kostenkov N. M.** 1987. [Redox regimes in soils of periodic waterlogging (Far East)]. М.: Nauka, 191 pp. [In Russian].)

- Луценко Т. Н., Кожевникова Н. К., Болдескул А. Г., Шамов В. В. 2021. Концентрация и экспорт растворенного органического углерода в ландшафтах бассейна Верхней Уссури // Материалы XVI Совещания географов Сибири и Дальнего Востока. – Владивосток: ТИГ ДВО РАН. С. 150–152. (Lutsenko T. N., Kozhevnikova N. K., Boldeskul A. G., Shamov V. V. 2021. [Concentrations and export of dissolved organic carbon in the landscapes of the Upper Ussuri River basin]. In: Materials of the XVI Meeting of geographers of Siberia and the Far East. Vladivostok: TIG FEB RAS, pp. 193–195. [In Russian].) https://doi.org/10.35735/9785604701119_150
- Перельман А. И. 1989. Геохимия. – М.: Высшая школа, 340 с. (Perelman A. I. 1989. Geochemistry. Moscow: Vysshaya shkola, 340 pp. [In Russian].)
- Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. 1977. – Л.: Гидрометеоздат. 542 с. ([Guide on chemistry analyses of surface continental waters]. 1977. Leningrad: Gidrometeoizdat, 542 pp. [In Russian].)
- Сапожников А. П. 1972. Характеристика органического вещества лесных подстилок елово-широколиственных лесов Приморья // Генезис бурых лесных почв. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 223 с. (Sapozhnikov A. P. 1972. [Characteristics of organic matter in forest litters of spruce-deciduous forests of Primorye. In: Genesis of brown forest soils]. Vladivostok: FESC AS USSR, 223 pp. [In Russian].)
- Сапожников А. П., Селиванова Г. А., Ильина Т. М., Дюкарев В. Н., Бутовец Г. А., Гладкова Г. А., Гавренков Г. И., Жильцов А. С. 1993. Почвообразование и особенности биологического круговорота веществ в горных лесах Южного Сихотэ-Алиня (на примере Верхнеуссурийского стационара). – Хабаровск: ДальНИИЛХ. 267 с. (Sapozhnikov A. P., Selivanova G. A., Pina T. M., Dyukarev V. N., Butovets G. A., Gladkova G. A., Gavrenkov G. I., Zhiltsov A. S. 1993. [Pedogenesis and biological cycle of substances in mountain forests of southern Sikhote-Alin (Far Eastern Scientific Research Institute of Forestry)]. Khabarovsk: FEFRI, 267 pp. [In Russian].)
- Свистов П. Ф., Першина Н. А., Павлова М. Т., Полищук А. И., Аблеева В. А. 2015. Кислотность и химический состав атмосферных осадков в Приокско-Террасном биосферном заповеднике // Труды Приокско-Террасного заповедника. Вып. 6. – Тула: Аквариус. С. 24–33. (Svistov P. F., Pershina N. A., Pavlova M. T., Polishchuk A. I., Ableeva V. A. 2015. The acidity and chemical composition of atmospheric precipitation in the Prioksko-Terrasnyi Biosphere Reserve. *Trudy Prioksko-Terrasnogo zapovednika*. Issue 6. Tula: Akvarius, pp. 24–33. [In Russian].) <https://www.elibrary.ru/riozjm>
- Селиванова Г. А. 1983. Биогеоценоотическая характеристика лесных подстилок Южного Сихотэ-Алиня // Почвоведение. № 8. С. 100–110. (Selivanova G. A. 1983. Biogeocoenotic characteristics of the forest litters in the southern Sikhote-Alin mountains. *Pochvovedenie* 8: 100–110. [In Russian].)
- Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. 2004. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена. 342 с. (Shishov L. L., Tonkonogov V. D., Lebedeva I. I., Gerasimova M. I. 2004. [Classification and diagnostics of Russian soils]. Smolensk: Oikumena, 342 pp. [In Russian].)
- Bugaets A. N., Pshenichnikova N. F., Tereshkina A. A., Lupakov S. Yu., Gartsman B. I., Shamov V. V., Gonchukov L. V., Golodnaya O. M., Krasnopeev S. M., Kozhevnikova N. K. 2021. Digital soil mapping for hydrological modeling with the example of experimental catchments (south of Primorsky Krai). *Eurasian Soil Science* 54(9): 1375–1384. <https://doi.org/10.1134/S1064229321050057>
- David M. B., Vance G. F., Kahl J. S. 1992. Chemistry of dissolved organic carbon and organic acids in two streams draining forested watershed. *Water Resources Research* 2(28): 189–396. <https://doi.org/10.1029/91WR02180>
- Iavorivska L., Boyer E. W., De Walle D. R. 2016. Atmospheric deposition of organic carbon via precipitation. *Atmospheric Environment* 146: 153–163. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2016.06.006
- Kalbitz K., Solinger S., Park J.-H., Michalzik B., Matzner E. 2000. Controls of the dynamics of dissolved organic matter in soils: a review. *Soil Science* 165(4): 277–304. <https://doi.org/10.1097/00010694-200004000-00001>
- Kozhevnikova N. K., Boldeskul A. G., Lutsenko T. N., Gubareva T. S., Lupakov S. Yu., Shamov V. V. 2022. Formation of rainwater acidity in the forested basin of the Sikhote Alin mountain region. *Geochemistry International* 60(12):1298–1311. <https://doi.org/10.1134/S0016702922110052>
- Lidman F., Boily Å., Laudon H., Köhler S. J. 2017. From soil water to surface water – how the riparian zone controls element transport from a boreal forest to a stream. *Biogeosciences* 14: 3001–3014. <https://doi.org/10.5194/bg-14-3001-2017>

- Lukina N. V., Ershov V. V. , Gorbacheva T. T., Orlova M. A., Isaeva L. G., Teben'kova D. N.** 2018. Assessment of soil water composition in the northern taiga coniferous forests of background territories in the industrially developed region. *Eurasian Soil Science* 51(3): 285–297. <https://doi.org/10.1134/S1064229318030079>
- Maitat O., Boudot J., Merlet D., Rouilled J.** 2000. Aluminium chemistry in two contrasted acid forest soils and headwater streams impacted by acid deposition, Vosges Mountains, N. E. France. *Water Air Soil Pollution* 117(1): 217–243. <https://doi.org/10.1023/A:1005132321147>
- Moiseenko T. I., Gashkina N. A.** 2007. The distribution of trace elements in surface continental waters and the character of their migration in water. *Water Resources* 34(4): 423–437. <https://doi.org/10.1134/S0097807807040070>
- Shulkin V. M., Bogdanova N. N., Elovskiy E. V.** 2022. Effect of filter clogging on the determination of concentrations of chemical elements migrating in river water as components of true solutions or in colloidal forms. *Water Resources* 49(1): 122–133. <https://doi.org/10.1134/S009780782201016X>

УДК 581.142:58.084.1(571.642)

https://doi.org/10.25221/2782-1978_2023_2_5

<https://elibrary.ru/iucuyu>

Устойчивость семян дикорастущих растений Сахалинской области к воздействию сверхнизких температур

Нина Михайловна Воронкова

*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
Владивосток, 690022, Российская Федерация
E-mail: Voronkova@biosoil.ru*

Получена 11 апреля 2023 г.; принята к публикации 25 мая 2023 г.

Аннотация. Изучена ответная реакция на глубокое замораживание в жидком азоте при температуре минус 196 °С семян 58 видов растений, собранных на островах Сахалин, Монерон и Курильских островах Кунашир, Парамушир, Уруп, Итуруп, Шикотан, Симушир, Черные Братья, Шумшу, Кетой, Шиашкотан, Харимкотан, Ушишир. Семена всех исследованных видов относятся к ортодоксальному типу (влажность не более 12%). Жизнеспособность семян после замораживания оценивали по лабораторной всхожести. Семена после замораживания не погибли, а морфология проростков не отличалась от контрольных. Для 70.4% изученных образцов всхожесть семян после замораживания оставалась на уровне контроля, для 19.7% – была выше контрольной (что указывает на стимулирующее действие жидкого азота), для 9.9% образцов всхожесть была ниже, чем в контроле.

Ключевые слова: криоустойчивость семян, всхожесть, о. Сахалин, о. Монерон, Курильские острова.

Resistance of wild plants seeds from Sakhalin Oblast to ultra-low temperatures

Nina M. Voronkova

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the
Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russian Federation
E-mail: Voronkova@biosoil.ru*

Received 11 April 2023; accepted 25 May 2023

Abstract. We studied the response of seeds of 58 plant species to deep freezing in liquid nitrogen at a temperature of minus 196 °C. The seeds were collected on Sakhalin Island, Moneron Island and Kuril Islands: Kunashir, Paramushir, Urup, Iturup, Shikotan, Simushir, Chyornye Bratya, Shumshu, Ketoi, Shiashkotan, Kharimkotan, Ushishir. All studied seeds were of the orthodox type (seed moisture content was lesser than 12%). Seed viability was assessed by laboratory germination. It was shown that the seeds did not die after freezing. For 70.4% of the studied samples the seed germination level after freezing remained at the control level, for 19.7% it was higher than in the control group (which indicates the stimulating effect of liquid nitrogen), for 9.9% of the samples the germination was lower than in the control group. The morphology of seedlings obtained from the seeds that had been frozen did not differ from the control group.

Key words: seed cryoresistance, germination, Sakhalin Island, Moneron Island, Kuril Islands.

Введение

Проблема длительного хранения семян далека от разрешения и требует тщательного изучения ответных реакций семян каждого вида на действие того или иного фактора и прежде всего температуры. Наиболее надежным способом хранения семян, в сравнении со стандартными температурными режимами – плюс 3–5 °С (Николаева и др. 1985), минус 18–20 °С (Lu et al. 2018; Whitehouse et al. 2018), считается криоконсервация при температуре минус 196 °С (Pence et al. 2020), как с регулируемой скоростью замораживания (Touchell, Dixon 1996), так и прямым быстрым погружением в жидкий азот (Kavianian 2010). Литературные данные утверждают, что глубокий холодовой анабиоз пригоден для ортодоксальных семян (влажность

которых не превышает 10–12%), как культурных (Lu et al. 2018), так и дикорастущих растений (Тихонова и др. 1997; Kholina, Voronkova 2012; Voronkova et al. 2018; Lin et al. 2022) в качестве режима долговременного хранения. Использование криоконсервации особенно актуально для семян редких, исчезающих, эндемичных растений с быстрой потерей всхожести (Воронкова, Холина 2010а; Popova et al. 2016; Hurdu et al. 2022). Замораживание в жидком азоте семян растений дикорастущей флоры представляет значительные трудности по сравнению с семенами культурных растений, прежде всего, из-за наличия у большинства видов более глубокого покоя семян, требующего определённого режима проращивания. Это усложняет мониторинг лабораторной всхожести во время долговременного хранения.

В то же время для многих видов (редких, исчезающих, эндемичных видов, быстро уничтожаемых в природе лекарственных растений и растений, подвергающихся риску на территориях активного природного и антропогенного пресса) криоконсервация представляет реальный шанс сохранения для будущего. Прорастание семян – самый ранний этап в развитии растения. Именно на этом этапе оценивается реакция семян конкретных видов на действие сверхнизких температур. Замораживание ортодоксальных семян, собранных непосредственно в Сахалинской области, и разработка режимов их проращивания для мониторинга лабораторной всхожести во время долговременного хранения продолжается более 20 лет, и ее результаты частично опубликованы (Воронкова и др. 2000; Воронкова 2007; Воронкова, Холина 2010b).

Цель работы – выявление видоспецифических особенностей прорастания семян после воздействия сверхнизких температур (минус 196 °С).

Материал и методы

В данном сообщении обобщены результаты предыдущих исследований и представлены новые данные, касающиеся влияния криоконсервации на жизнеспособность семян для 58 видов растений из 27 семейств природной флоры Сахалинской области. Для некоторых видов с опубликованными данными проводилось повторное проращивание. Из нескольких изолированных популяций (островов) в разные годы были собраны одни и те же виды. Всего была изучена 71 популяция.

Замораживание семян проводили путем прямого погружения завернутых в алюминиевую фольгу или находящихся в пластмассовых ампулах семян в жидкий азот (минус 196 °С). Время экспозиции семян в жидком азоте меняли в промежутке 1–60 суток, в отдельных случаях до восьми лет. Затем семена отогревали при комнатной температуре в течение двух часов и ставили на проращивание. Жизнеспособность семян оценивали по лабораторной всхожести. Контролем при проращивании деконсервированных семян служили семена той же партии, хранившиеся в лабораторных условиях в те же сроки. Семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге или в прокалённом песке в трех повторностях по 50 семян в каждой. Исключение составляли семена охраняемых видов, а также крупные семена. В этих случаях в повторностях использовалось меньшее число семян, но не менее 25. Для семян с глубоким покоем проводили стратификацию при температуре плюс 2–5 °С в течение 1–4 месяцев, для некоторых видов и более длительную. Для семян с твердой кожурой использовали скарификацию серной кислотой с эмпирическим подбором времени действия для каждого вида (5–60 мин) с последующим промыванием в проточной воде. Скарификации подвергали семена всех бобовых, имеющих твердую кожуру, т. к. известно, что их семена обладают физическим

покоем. Всхожесть рассчитывали как отношение общего количества проросших семян к количеству заложенных на проращивание, выраженное в процентах. Энергия прорастания считается показателем качества семян и рассчитывается как процент прорастания за более короткий срок, чем итоговая всхожесть. В данном случае ее рассчитывали как всхожесть за пять суток. Результаты представлены в виде средних арифметических с их стандартными ошибками. Влажность семян в большинстве контрольных определений не превышала 10%. Невскрывающиеся плоды (семянки, мерикарпии, орешки и др.) как генеративные диаспоры в данной статье условно именуется семенами.

Результаты и обсуждение

Ответная реакция семян, выраженная как всхожесть семян после их хранения при ультранизких температурах, представлена в таблице 1. Некоторые образцы одних и тех же видов были собраны в разных популяциях. Результаты проращивания показали, что семена всех изученных видов после воздействия жидкого азота не погибли.

Для 70.4% изученных популяций всхожесть семян оставалась на уровне контроля. Среди них представлены 43 вида: на о-ве Сахалин – *Aquilegia flabellata* Siebold et Zucc., *Arabis stelleri* DC, *Cardaminopsis petraea* (L.) Hiit., *Erysimum pallasii* (Pursh) Fern. (2 популяции), *Hedysarum sachalinense* B. Fedtsch., *Hemerocallis esculenta* Koidz., *Patrinia sibirica* (L.) Juss., *Picris japonica* Thunb., *Plantago camtschatica* Link, *Potentilla egedii* Wormsk., *P. nivea* L., *P. stolonifera* Lhm. ex Ledeb., *Rubus chamaemorus* L., *Saxifraga cherlerioides* D. Don., *Tephrosia kawakamii* (Makino) Holub, *Trollius riederianus* Fisch. et C. A. Mey.; на о-ве Монерон – *Aquilegia flabellata*, *Arabis glauca* Boissieu, *Hemerocallis esculenta*, *Honckenya oblongifolia* Torr. et Gray, *Pedicularis schistostegia* Vved., *Picris japonica*, *Rhodiola sachalinensis* Boriss., *Vaccinium praestans* Lamb., *Veratrum grandiflorum* (Maxim. ex Baker) Loes. fil., *Veronica schmidtiana* Regel; на о-ве Уруп – *Arnica unalaschcensis* Less., *Cardaminopsis lyrata* (L.) Hiit., *Montia fontana* L., *Milium effusum* L., *Pedicularis oederi* Vahl, *P. schistostegia*, *Plantago camtschatica*, *Potentilla fragiformis* subsp. *megalantha* (Takeda) Hult., *Viola sachalinensis* Boissieu, *V. selkirkii* Pursh ex Goldie; на о-ве Кунашир – *Digitalis purpurea* L., *Iris pseudacorus* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort.; на о-ве Харимкотан – *Cardamine regeliana* Miq., *Cochlearia officinalis* L., *Stenotheca tristis* (Willd. ex Spreng.) Schljakov; на о-ве Брат-Чирпоев (о-ва Чёрные Братья) – *Cardamine regeliana*, *Papaver miyabeianum* Tatew.; на о-ве Шумшу – *Empetrum sibiricum* V. Vassil., *Potentilla fragiformis* subsp. *megalantha*; на о-ве Симушир – *Coptis trifolia* (L.) Salisb.; на о-ве Шикотан – *Luzula capitata* (Miq.) Kom.; на о-ве Шиашкотан – *Primula cuneifolia* Ledeb.

Для 19.7% популяций всхожесть семян при проращивании после криоконсервации была выше контрольной. Среди них – следующие виды: на о-ве Сахалин – *Anemonastrum sachalinensis* (Juz) Starodub., *Hedysarum austrokurilense* (N. S. Pavlova) N. S. Pavlova, *Lathyrus japonicus* Willd.; на о-ве Монерон – *Angelica ursina* (Rupr.) Maxim., *Myosotis sachalinensis* M. Pop.; на о-ве Уруп – *Rhododendron aureum* Georgi; на о-ве Итуруп – *Arnica unalaschcensis*, *Scrophularia grayana* Maxim. et Kom., *Veronica americana* (Raf.) Schwein ex Benth.; на о-ве Кунашир – *Veronica americana*; на о-ве Парамушир – *Oxytropis retusa* Matsum.; на о-ве Симушир – *Fragaria yezoensis* Hara; на о-ве Рыпонкича – *Draba hyperborean* (L.) Desv.

Всхожесть семян ниже контрольной имели семена семи образцов, что составило 9.9% от числа всех исследованных популяций: на о-ве Сахалин – *Hemerocallis esculenta*, *Plantago lanceolata* L.; на о-ве Монерон – *Cardamine impatiens* L., *Urtica*

Табл. 1. Влияние криоконсервации на прорастание семян представителей флоры Сахалинской области.

Table 1. The influence of cryopreservation on seed germination of representatives of flora of the Sakhalin Oblast.

Семейство Family	Число исследованных ... Number of studied ...			Реакция на криоконсервацию: число образцов, у которых всхожесть ... Reaction to cryopreservation: the number of samples that have germination ...		
	родов genera	видов species	популяций populations	на уровне контроля at the control level	выше контроля above the control	ниже контроля below the control
Brassicaceae	6	9	11	9	1	1
Asteraceae	5	5	7	6	1	
Scrophulariaceae	4	6	8	5	3	
Rosaceae	4	6	7	6	1	
Ranunculaceae	4	4	5	4	1	
Fabaceae	3	4	4	1	3	
Ericaceae	2	2	2	1	1	
Plantaginaceae	1	2	3	2		1
Heimerocallidaceae	1	1	3	2		1
Violaceae	1	2	2	2		
Papav raceae	1	1	2	1		1
Primulaceae	1	1	2	1	1	
Apiaceae	1	1	1		1	
Boraginaceae	1	1	1		1	
Caryophyllaceae	1	1	1	1		
Crassulaceae	1	1	1	1		
Empetraceae	1	1	1	1		
Iridaceae	1	1	1	1		
Juncaceae	1	1	1	1		
Melanthiaceae (Colchicaceae)	1	1	1	1		
Onagraceae	1	1	1			1
Poaceae	1	1	1	1		
Polygonaceae	1	1	1			1
Portulacaceae	1	1	1	1		
Saxifragaceae	1	1	1	1		
Urticaceae	1	1	1			1
Valerianaceae	1	1	1	1		
Итого Total	48	58	71	50 (70.4%)	14 (19.7%)	7 (9.9%)

platyphylla Wedd.; на о-ве Кунашир – *Epilobium cephalostigma* Hausskn., *Persicaria maculata* (Rafin.) S. F. Gray; на о-ве Симушир – *Papaver miyabeantum*.

В ходе исследования были обнаружены межпопуляционные различия реакции семян на действие сверхнизких температур. Так, всхожесть деконсервированных семян ниже контроля была обнаружена у *Heimerocallis esculenta* только в одной популяции из трех, а у *Papaver miyabeantum* – в одной из двух обследованных популяций,

в остальных популяциях этих видов всхожесть была на уровне контроля. При повышении всхожести после замораживания также были выявлены межпопуляционные различия. Например, семена из двух популяций *Arnica unalaschcensis* имели всхожесть на уровне контроля или выше. Подобную ситуацию, когда семена одного вида из разных популяций по-разному реагируют на глубокое замораживание, мы наблюдали неоднократно и для других видов, а также для видов других территорий Дальнего Востока России (п-в Камчатка, Приморье) (Воронкова, Холина 2008). Сходные результаты были получены и другими авторами в других регионах при работе с семенами различных видов растений, т. е. криоконсервированные семена из разных популяций показывали, как более высокую, так и более низкую всхожесть (Тихонова 1999; Lu 2018). Такие же различия демонстрировали и систематически близкие виды. Поэтому невозможно предсказать заранее, даже на основе родственных связей, как поведут себя семена при проращивании после криоконсервации. В качестве причин изменчивости реакции семян на замораживание некоторые авторы указывают на экофизиологические факторы, на генетические различия семян, а также на различную степень зрелости и влажности семян (Тихонова 1999; Das et al. 2021). Очевидно, что для определения криоустойчивости каждого отдельного вида необходимо исследование максимально возможного числа популяций.

Соотношение видов, по-разному реагирующих на криогенное воздействие, варьирует по отдельным регионам (табл. 2).

Табл. 2. Влияние криоконсервации на проращивание семян из разных регионов Сахалинской области.

Table 2. Impact of cryopreservation on germination of seed collected from different regions of the Sakhalin Oblast.

Места сбора Seed collection sites	Доля популяций (в %), в которых всхожесть ... Percentage of samples with germination ...		
	на уровне контроля at the control level	выше уровня контроля above the control	ниже уровня контроля below the control
Курильские о-ва Kuril Islands	66	26	8
о. Сахалин Sakhalin Island	77	14	9
о. Монерон Moneron Island	72	14	14

Так, на Курильских островах среди исследованных видов самая высокая доля образцов с увеличением всхожести и, соответственно, самая низкая доля с ее снижением. Самая высокая доля популяций со снижением всхожести показана для о-ва Монерон. В целом число образцов, семена которых не реагируют отрицательно на воздействие жидкого азота (всхожесть на уровне контроля и выше), составляет ряд: Курильские острова – 92%, о. Сахалин – 91%, о. Монерон – 86%.

В таблице 3 в качестве типичных примеров представлены некоторые данные, характеризующие ответную реакцию семян на воздействие сверхнизких температур. При любых сроках хранения семян в жидком азоте энергия их прорастания практически не менялась и зависела только от первоначальной всхожести. Семена же, находящиеся в лабораторных условиях без воздействия жидкого азота, при больших сроках хранения со временем либо снижали всхожесть, либо полностью теряли ее. Семена с физическим покоем, имеющие твердую кожуру, обладали, как правило,

Табл. 3. Показатели прорастания семян при разных условиях хранения.

Table 3. Germination rates of seeds under different storage conditions.

Вид Species	Хранение в жидком азоте Storage in liquid nitrogen		Хранение в лабораторных условиях Storage in laboratory conditions
	длительность хранения storage period	прорастание (%) germination (%)	прорастание (%) germination (%)
<i>Draba cinerea</i> Adams	8 лет	89.3 ± 1.8**	0*
<i>Minuartia verna</i> (L.) Hiern	8 лет	93.3 ± 2.0**	0*
<i>Epilobium hornemanii</i> Reichenb.	8 лет	16.7 ± 3.1**	0*
<i>E. maximowiczii</i> Hausskn.	8 лет	93.0 ± 0.9**	0*
<i>Sagina crassi- caulis</i> S. Wats.	8 лет	38.0 ± 2.1**	0*
<i>Picris japonica</i>	50 суток	80.7 ± 5.7*	80.0 ± 4.0*
<i>Hemerocallis esculenta</i>	40 суток	50.7 ± 1.3*	41.3 ± 5.3*
<i>Myosotis sachalinensis</i>	30 суток	24.0 ± 2.3*	21.3 ± 3.5*
<i>Digitalis purpurea</i>	1 сутки	92.9 ± 0.3*	98.7 ± 0.3*
<i>Oxytropis retusa</i>	30 суток	41.3 ± 6.4** (9.0 ± 1.0)	0* 67.0 ± 2.0***

Примечание. Показатели прорастания: среднее значение ± стандартная ошибка, * – энергия прорастания, ** – итоговая всхожесть, *** – всхожесть после скарификации серной кислотой в течение 20 мин, в скобках – первоначальная всхожесть семян без скарификации.

Note. Parameters of germination: average value ± standard error, * – germination energy, ** – final germination, *** – germination after scarification with sulfuric acid for 20 min, in parentheses – initial germination of seeds without scarification.

низкой первоначальной всхожестью, зависящей от степени твердосемянности. Например, у семян *Oxytropis retusa* (сем. Fabaceae) с о-ва Парамушир, имеющих высокую степень твердосемянности (первоначальная всхожесть 9%), после воздействия жидкого азота всхожесть значительно повысилась (до 41.3%). При хранении в лабораторных условиях всхожесть была высокой только после скарификации семян серной кислотой. Возможно, сверхглубокое замораживание, так же как и скарификация, нарушает целостность кожуры семян, открывая доступ влаги.

Визуальный и морфометрический анализ показал, что отклонений в развитии проростков из криоконсервированных семян ряда изученных видов флоры Сахалинской области, так же как и видов других территорий, не отмечено, это подтверждают и ранее полученные данные (Воронкова, Холина 2003, 2010а; Popov et al. 2004).

Заключение

Таким образом, резистентность семян исследованных видов к глубокому замораживанию в жидком азоте довольно высока и обеспечивает возможность для хранения семенного материала с максимальной гарантией. Варьирование ответной реакции семян на криогенное воздействие объясняется не только видовой спецификой, но и местоположением популяции в пределах ареала. Полученные

экспериментальные данные могут быть использованы при создании низкотемпературных банков семян. Однако при создании репрезентативной коллекции семян в таких банках следует учитывать не только криоустойчивость семян отдельных видов, но и межпопуляционную изменчивость реакции семян на действие глубокого замораживания в жидком азоте. Для максимально полного сохранения генофонда вида необходимо привлечение семян из наибольшего числа местообитаний.

Благодарности

Автор благодарен д. б. н. В. Ю. Баркалову (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за предоставление семян и плодов большинства видов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000144-5).

Литература (References)

- Воронкова Н. М.** 2007. Влияние криоконсервации на жизнеспособность семян и плодов некоторых видов флоры острова Монерон (Сахалинская область) // *Растительные ресурсы*. Т. 4. Вып. 3. С. 34–41. (**Voronkova N. M.** 2007. Cryoconservation effect on seeds and fruits viability of some species of the Moneron Islands flora (Sakhalin Region). *Rastitelnye Resursy* 4(3): 34–41. [In Russian].)
- Воронкова Н. М., Холина А. Б.** 2003. Влияние температурного фактора и скарификации на прорастание семян и рост сеянцев *Sofora flavescens* Soland // *Растительные ресурсы*. Т. 39. Вып. 1. С. 43–49. (**Voronkova N. M., Kholina A. B.** 2003. Effects of temperature and scarification on seed germination and seedling growth of *Sophora flavescens* Soland. *Rastitelnye Resursy* 38(1): 43–49. [In Russian].)
- Воронкова Н. М., Холина А. Б.** 2008. Хранение семян: популяционная изменчивость ответной реакции семян на глубокое замораживание // *Вестник КрасГАУ*. Вып. 3. С. 125–130. (**Voronkova N. M., Kholina A. B.** 2008. Seed storage: population variation in seed response to deep freezing. *The Bulletin of KrasGAU* 3: 125–130. [In Russian].)
- Воронкова Н. М., Холина А. Б.** 2010а. Сохранение эндемичных видов Дальнего Востока России с помощью глубокого замораживания семян // *Известия РАН. Серия биологическая*. Т. 37. № 5. С. 581–586. DOI: 10.1134/S1062359010050092. (**Voronkova N. M., Kholina A. B.** 2010a. Conservation of endemic species from the Russian Far East using seed cryopreservation. *Biology Bulletin* 37: 496–501.) <https://doi.org/10.1134/S1962359010050092>
- Воронкова Н. М., Холина А. Б.** 2010b. Морфология, биология прорастания и криорезистентность семян представителей флоры острова Сахалин // *Вестник КрасГАУ*. Вып. 4. С. 30–36. (**Voronkova N. M., Kholina A. B.** 2010b. Morphology, germination biology and cryotolerance of the seeds that are the representatives of the Sakhalin Island flora. *The Bulletin of KrasGAU* 4: 30–36. [In Russian].)
- Воронкова Н. М., Холина А. Б., Журавлев Ю. Н.** 2000. Морфобиологическая характеристика и реакция на криоконсервацию семян некоторых видов флоры Курильских островов // *Растительные ресурсы*. Т. 36. Вып. 4. С. 40–47. (**Voronkova N. M., Kholina A. B., Zhuravlev Yu. N.** 2000. Morphobiological characteristics and the response of seeds to cryoconservation in some plants of the flora of Kurils. *Rastitelnye Resursy* 36(4): 40–47. [In Russian].)
- Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н.** 1985. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука. 348 с. (**Nikolaeva M. G., Rasumova M. V., Gladkova V. N.** 1985. Reference book on dormant seed germination. Leningrad: Nauka. 348 pp. [In Russian].)
- Тихонова В. Л.** 1999. Долговременное хранение семян // *Физиология растений*. Т. 46. № 3. С. 467–476. (**Tikhonova V. L.** 1999. Long-term storage of seeds. *Russian Journal of Plant Physiology* 46: 400–408.)
- Тихонова В. Л., Лысых Н. И., Фирсанова В. М.** 1997. Влияние замораживания на жизнеспособность семян дикорастущих растений // *Бюллетень Главного ботанического сада*. Вып. 175. С. 83–90. (**Tikhonova V. L., Lysich N. I., Firsanova V. M.** 1997. The effect of freezing on viability of natural plant seeds. *Bulletin of the Central Botanical Garden* 175: 83–90. [In Russian].)
- Das M. Ch., Devi S. D., Kumaria S., Reed B. M.** 2021. Looking for a way forward for the cryopreservation of orchid diversity. *Cryobiology* 102: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2021.05.004>

- Hurdu B., Coste A., Halmagyi A. et al.** 2022. Ex situ conservation of plant diversity in Romania: A synthesis of threatened and endemic taxa. *Journal for Nature Conservation* 68, 126211. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126211>
- Kaviani B.** 2010. Cryopreservation by encapsulation-dehydration for long-term storage of some important germplasm: seed of lily (*Lilium ledebourii* (Baker) Bioss.) embryonic axe of Persian lilac (*Melia azedarach* L.), and tea (*Camellia sinensis* L.). *Plant Omics Journal* 3: 177–182. https://www.pomics.com/kaviani_3_6_2010_177_182.pdf
- Kholina A. B., Voronkova N. M.** 2012. Seed cryopreservation of some medicinal legumes. *Journal of Botany* 2012: 186891. <https://doi.org/10.1155/2012/186891>
- Lin L., Cai L., Fan L., Ma J-Ch., Yang X-Y., Hu X-J.** 2022. Seed dormancy, germination and storage behavior of *Magnolia sinica*, a plant species with extremely small populations of Magnoliaceae. *Plant Diversity* 44 (1): 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2021.06.009>
- Lu J., Greene S., Reid S., Cruz V. M. V., Diering D. A., Byrne P.** 2018. Phenotypic changes and DNA methylation status in cryopreserved seeds of rye (*Secale cereale* L.). *Cryobiology* 82: 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2018.04.015>
- Pence V. C., Ballesteros D., Walters Ch., Reed B. M., Philpott M., Dixon K. W., Pritchard H. W., Culley T. M., Vanhove A. C.** 2020. Cryobiotechnologies: Tools for expanding long-term ex situ conservation to all plant species. *Biological Conservation* 250: 108736. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108736>
- Popov A. S., Popova E. V., Nikishina T. V., Kolomeytseva G. L.** 2004. The development of juvenile plants of the hybrid orchid *Bratonia* after seed cryopreservation. *CryoLetters* 25: 205–212.
- Popova E., Kim H. H., Saxena P. K. et al.** 2016. Frozen beauty: The cryobiotechnology of orchid diversity. *Biotechnology Advances* 34(4): 380–403. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.01.001>
- Touchel D. H., Dixon K. W.** 1996. Cryopreservation for the conservation of Australian endangered plants. In: M. N. Normah, M. K. Narimah, M. M. Clyde (Eds.). *In vitro conservation of plant genetic resources: Proceedings of the International Workshop on In Vitro Conservation of Plant Genetic Resources, July 4–6, Kuala Lumpur, Malaysia*. Kuala Lumpur: Plant Biotechnology Laboratory, Faculty of Life Sciences, University Kebangsaan Malaysia, pp. 169–180.
- Voronkova N. M., Kholina A. B., Koldaeva M. N., Nakonechnaya O. V., Nechaev V. A.** 2018. Morphophysiological dormancy, germination, and cryopreservation in *Aristolochia contorta* seeds. *Plant Ecology and Evolution* 151(1): 77–86. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2018.1351>
- Whitehouse K. J., Owoborode O. F., Adebayo O. O. et al.** 2018. Further evidence that the genebank standards for drying orthodox seeds may not be optimal for subsequent seed longevity. *Biopreservation and Biobanking* 16: 327–336. <https://doi.org/10.1089/bio.2018.0026>

УДК: 575.113:575.8

https://doi.org/10.25221/2782-1978_2023_2_6

<https://elibrary.ru/iunoxm>

Филогеномика (краткий обзор)

Галина Николаевна Челомина

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН

Владивосток, 690022, Российская Федерация

E-mail: chelomina@ibss.dvo.ru

Получена 10 мая 2023 г., принята к публикации 25 мая 2023 г.

Аннотация. Филогеномика охватывает разные области исследований на стыке молекулярной и эволюционной биологии и в широком смысле может рассматриваться как наука о реконструкции жизни на Земле. В данной работе сделан краткий обзор достижений филогеномики, включая историческую справку, подходы и методы исследования, а также конкретные примеры. Сфокусировано внимание на молекулярных филогениях (для разных таксономических уровней, от глобального древа эукариот до отдельного семейства или рода), эволюционной адаптации видов (например, к жизни на суше, к хищническому, дневному и ночному образу жизни), происхождении и эволюции новшеств (приспособлений, таких как паутинные сферы, устьица, акустические коммуникации), а также горизонтальном переносе генов у животных и растений.

Ключевые слова: геномика, эволюция, горизонтальный перенос генов.

Phylogenomics (short review)

Galina N. Chelomina

*Federal Scientific Center of the Far East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russian Federation*

E-mail: chelomina@ibss.dvo.ru

Received 10 May 2023; accepted 25 May 2023

Abstract. Phylogenomics covers various areas of research at the intersection of molecular and evolutionary biology, and in a broad sense can be considered as the science of the reconstruction of life on Earth. This paper provides a brief overview of the achievements of phylogenomics, including historical background, research approaches and methods, and specific examples, focusing on molecular phylogenies (for different taxonomic levels, from the global tree of eukaryotes to a single family or genus), evolutionary adaptation of species (for example, to life on land, to a predatory, daytime and nocturnal lifestyle), origin and evolution of innovations (such as arachnoid spheres, stomata, acoustic communications), and also horizontal gene transfer in animals and plants.

Key words: genomics, evolution, horizontal gene transfer.

Введение

Опирающаяся на методы сравнительного анализа геномов и эволюционный подход филогеномика может рассматриваться как самостоятельная ветвь сравнительной (эволюционной) геномики. Филогеномика охватывает несколько областей исследований на стыке молекулярной и эволюционной биологии, преследуя две основные цели: установить филогенетические отношения между таксонами и получить представления о механизмах молекулярной эволюции (1), а также определить предполагаемые функции последовательностей ДНК (или белков), опираясь на данные филогенетических сравнений (2) (Young, Gillung 2020). В глобальном масштабе филогеномика – это наука о реконструкции эволюционной истории жизни на Земле. Термин «филогеномика» был предложен Дж. Эйзенем и первоначально предназначался для обозначения исследований в области предсказания функции генов у бактерий (Eisen et al. 1997), но вскоре его стали использовать в филогенетическом контексте (O'Brien, Stanyon 1999).

Возможность получать данные о последовательностях в масштабе генома (чему способствовало удешевление методов полногеномного секвенирования) произвела революцию в биологии и обеспечила переход от филогенетики (оперирующей одним или несколькими генами) к более эффективной филогеномике с новым, более мощным вычислительным обеспечением для обработки и визуализации данных. Хотя используемые в филогеномике маркёры с уменьшенным представлением часто составляют менее 5% генома, они обеспечивают получение надёжных данных высокого разрешения, которые необходимы для построения филогеномных гипотез (Burki et al. 2008; Young, Gillung 2020; Carter et al. 2023). В частности, в качестве маркёров могут использоваться ультраконсервативные элементы (UltraConserved Elements, UCE, включая генетически изменчивые фланкирующие области; впервые описаны как «молекулярные окаменелости»), закоренные локусы гибридного обогащения (Anchored Hybrid Enrichment loci, АНЕ), консервативные неэкзонные элементы (Conserved NonExonic Elements, CNEE; отличаются от консервативных некодирующих элементов отсутствием последовательностей экзонов), нетранслируемые области (UnTranslated Regions, UTR), интроны, экзоны, полиморфизм одиночных нуклеотидов (Single Nucleotide Polymorphisms, SNP), анонимные области генома (RADseq; данный подход считали «самым важным научным прорывом» первого десятилетия 2000-х годов) и митохондриальной ДНК (мтДНК). Последний маркёр, как преимущество, имеет высокую скорость нуклеотидных замен и сохраняет высоко консервативную архитектурную структуру, однако размер генома составляет всего 14–20 тысяч пар нуклеотидов (т. п. н.). Разные маркёры и подходы имеют свои преимущества, ограничения и недостатки. Например, экзоны и подходы по захвату цели (UCE, АНЕ и CNEE) ориентированы на более глубокие временные масштабы; для групп с недавней радиацией больше подходят мтДНК и некодирующие области; RADseq не используется, если необходимо исследовать конкретные области генома; а SNP удобен для изучения демографии, филогеографии, эволюции генома и др. (Carter et al. 2023).

В целом, филогеномика включает: 1) прогнозирование функции генов (простой сравнительный анализ последовательностей может быть неэффективным, так как гены с разными функциями могут иметь похожие последовательности; в филогеномике функции неохарактеризованных генов предсказываются их филогенетическим положением по отношению к охарактеризованным генам); 2) выяснение эволюции семейств генов (например, сравнение геномов позволяет обнаруживать дубликации генов или геномов, что часто имеет большие эволюционные последствия); 3) предсказание и отслеживание горизонтального/латерального переноса генов (сравнение геномов позволяет установить, является ли сходство генов свидетельством их происхождения от общего предка или нет, в чём простой филогенетический анализ менее успешен); и 4) установление эволюционных отношений между таксонами (эффективные для близких видов филогенетические реконструкции, по данным отдельных генов, часто затруднены при сравнении отдалённых таксонов из-за горизонтального переноса генов, конвергенции и разных скоростей эволюции, а геномные данные позволяют успешно справляться с этими проблемами) (Eisen et al. 1997, 1998; O'Brien, Stanyon 1999; Burki et al. 2008; Young, Gillung 2020).

В настоящее время филогеномные исследования применяются в решении большого разнообразия научных и прикладных задач. Цель данного обзора – дать представление о филогеномике и её достижениях, сосредоточив внимание на молекулярных филогениях, эволюционной адаптации видов и приспособлений, а также горизонтальном переносе генов.

Филогенез

Молекулярные филогении. Ранние филогенетические исследования с использованием многолокусного анализа внесли большой вклад в понимание истории филогенеза и поставили под сомнение некоторые устоявшиеся представления о взаимоотношениях между разными группами растений и животных. Однако для решения ряда проблем они оказались бессильны. Развитие геномных технологий превратило область молекулярной филогенетики в более мощную и эффективную филогеномику, открывая новые и ранее невообразимые возможности для эволюционных исследований (Young, Gillung 2020). Например, филогения из 10 575 равномерно отобранных бактериальных и архейных геномов на основе полного набора из 381 маркера с использованием нескольких стратегий анализа данных дала новые представления о бактериальном и архейном древе жизни. Филогеномные деревья указали на значительно более тесную эволюционную близость между археями и бактериями, чем предыдущие оценки, опирающиеся на меньшее количество «основных» генов (Zhu et al. 2019).

Построение высоконадёжного глобального древа эукариот – одна из важнейших задач эволюционной биологии. Эволюция эукариот, которая привела к наблюдаемому сегодня разнообразию видов, началась более миллиарда лет назад, и воссоздать её чрезвычайно сложно. Чтобы исследовать раннюю эволюцию среди эукариотических супергрупп (к ним относятся Opisthokonta и Amoebozoa, Plantae/Archaeplastida, Excavata, Chromalveolata и Rhizaria), был собран обширный набор данных (65 видов, 135 генов, представляющих 31 921 аминокислоту), анализ которого показал, что с высокой степенью вероятности эукариот можно разделить на две монофилетические мегагруппы и несколько менее разнообразных линий (Burki et al. 2008). Возросшие возможности филогеномики помогли разрешить отношения между супергруппами, обеспечили создание новых гипотез для более глубокого понимания древа эукариот, позволили разместить таксоны «сироты», которые не поддавались надлежащей классификации. В то же время, появились новые проблемы, и осталось несколько ключевых линий неизвестного эволюционного происхождения. Очевидно, что для полного решения древа эукариот потребуется продолжение исследований с интегративным подходом, сочетающим морфологию, филогенез одного гена и филогеномику. Авторы отмечают, что в дальнейшем необходима систематическая оценка распространённости горизонтального переноса генов (Horizontal Gene Transfer, HGT), способного (по мнению ряда исследователей) глобально влиять на эволюцию эукариот и как следствие – иметь самые негативные последствия для разрешающей способности филогеномики (Burki 2014).

Одним из примеров исследования филогенеза является филогеномная реконструкция древа жизни амфибий. Результаты этих исследований прояснили несколько спорных положений, «которые в сочетании с набором проверенных ископаемых калибровок подтверждают удивительно более раннюю временную шкалу диверсификации кроны и порядкового числа амфибий, чем сообщалось ранее» (Hime et al. 2021). В частности, помимо прочного установления отношений бесхвостых и хвостатых амфибий *Batrachia* в основании древа жизни земноводных, исследование также закрепило ряд важных отношений между линиями семейного уровня и внутри семейств. Подтверждены сестринские отношения между лягушками *Afrobatrachia* и *Natatanura*. Ожидается, что дальнейшие исследования по систематике амфибий будут сосредоточены на понимании основных движущих сил их диверсификации

в палеогене и неогене, способствующей радиации, последствия которой наблюдаются сегодня (Hime et al. 2021).

Хотя оценка филогенеза, как известно, сложна для изучения событий, которые происходили несколько сотен миллионов лет назад, филогеномные подходы предлагают новые методы изучения связей между древними линиями и способы оценки гипотез, которые являются ключевыми для эволюционной биологии. Реконструкция взаимоотношения одной из старейших ныне живущих ветвей членистоногих, жаброногих ракообразных, с использованием калейдоскопического подхода однозначно разрешило давно обсуждаемые отношения между существующими отрядами ветвистоусых Cladocera – водяными блохами (экологически значимая группа зоопланктона в глобальных водных и морских экосистемах). Филогеномный анализ подтвердил монофилию Cladocera наряду с обнаружением гомоплазии в их строении, а также выявил большие филогенетические расстояния между линиями с похожей экологической специализацией. Последнее предполагает независимую эволюцию в основных планах строения тела, например, у пелагических хищных отрядов Harpactora и Onychopoda (Gymnomera). Таким образом, полученные результаты поднимают новые вопросы о роли гомоплазии и быстрой радиации в диверсификации кладоцер и помогают исследовать эволюцию признаков с геномной точки зрения в функционально хорошо изученной древней группе членистоногих (Van Damme et al. 2022).

Palaeognathae представляют собой одну из двух основных линий современных птиц и включают летающих тинамных (Tinamiformes) и нелетающих бескилевых. Разрешение филогенетических отношений палеогнатов исторически считалось трудной задачей, и более ранние молекулярные филогении предполагают, что быструю древнюю диверсификацию могла сопровождать обширная неполная сортировка линий. Используя полногеномные наборы трёх типов некодирующих ядерных маркеров (в общей сложности 20 850 локусов и более 41 млн п. н.), была реконструирована полностью разрешённая топология, с помещением нанду как сестринского вида для киви и эму+казуар, и подтверждаемая паттернами вставок для ретроэлементов CR1. Вместе с тем анализ суперматриц объединённых данных позиционирует нанду как сестринский вид всех других палеогнатов, но эта альтернатива не имеет поддержки данными по ретроэлементам. Отличие наиболее распространённой топологии генного древа для каждого типа маркеров от древа вида указывает на существование «эмпирической зоны аномалий» у палеогнатов. Авторы подчеркивают, что не только высокая бутстреп поддержка, но также конгруэнтность между типами маркеров и подтверждение редких геномных изменений (таких как вставки ретропозонов), а также стратегии филогеномной подвыборки для оценки основного филогенетического сигнала важны для получения надёжных топологий (Cloutier et al. 2019).

Существующие виды отряда Crocodylia являются остатками древней линии крупнотелых рептилий-архозавров, филогенетические отношения которых изучались десятки лет. Филогеномные исследования *Crocodylus Laurenti*, 1768 с использованием генотипических данных из 17 538 SNP, собранных для 33 особей, выявили новые отношения для всех неотропических видов. Впервые остроорылый крокодил *C. acutus* (Cuvier, 1807) был определён как монофилетический вид с двумя отдельными линиями (антильской и континентальной) и сестринским центральноамериканским крокодилом *C. moreletii* (Duméril et Bibron, 1851) (Milian-Garcia et al. 2021). Китообразные, многие из которых представляют крупнейших обитателей Земли, претерпели самую радикальную морфологическую трансформацию среди

млекопитающих, задокументированную многочисленными окаменелостями эоцена (56–34 млн л. н.). Несмотря на то, что происхождение и эволюция китообразных, от их раннего перехода к водному образу жизни до последующей диверсификации, была предметом многочисленных исследований, некоторые аспекты филогении и систематики внутри отдельных групп оставались невыясненными. Филогеномный анализ Cetacea, охватывающий 6 527 596 выровненных п. н. и 89 таксонов, позволил полностью разрешить отношения между кюворылыми китами, а также спорные отношения между океаническими дельфинами – особенно проблематичным подсемейством Delphinidae (McGowen et al. 2020). Другой пример – жуки, представляющие собой отряд животных с наиболее высоким биоразнообразием, насчитывающий свыше 380 000 только описанных видов. Анализ набора данных по 68 однокопийным генам, кодирующим ядерные белки, в выборке 129 из 193 признанных существующих семейств, воссоздал топологию (противоречивую в предшествующих исследованиях), совпадающую с морфологическими данными и позволяющую сделать несколько формальных изменений в классификации Coleoptera (Cai et al. 2022).

Филогеномный анализ также успешно применялся для изучения групп животных и растений более низкого таксономического ранга. Семейство грецких орехов (Juglandaceae) включает коммерчески важные древесные породы, обычно называемые грецким орехом, крылатым орехом, орехом пекан и гикори. Филогенетические отношения и диверсификация среди Juglandaceae долгое время были широко обсуждаемыми классическими научными темами, проблемы которых удалось частично разрешить с помощью полученных недавно сведений об ископаемых остатках, а также морфологических, молекулярных и палеоэкологических данных. Однако сохранялась необходимость дальнейшего раскрытия отношений между родами и внутри них. Поэтому были реконструированы основные филогенетические отношения Juglandaceae с использованием данных об органеллах и ядерном геноме 27 видов. В результате анализа было выявлено три подсемейства (Juglandoideae, Engelhardioideae, и Rhoipteleoideae), а пять родов получили высокую статистическую поддержку. Кроме того, филогеномный анализ последовательностей органелл (хлоропласты) и ядерного генома дал хорошо подтвержденные позиции неконгруэнтности для *J. cinerea* L., *J. hopeiensis* Hu и *Platycarya strobilacea* Siebold et Zucc. (Zhou et al. 2021). Пример филогеномного исследования на родовом уровне – катальпа *Catalpa* Scop., небольшой род деревьев семейства бигнониевых (Bignoniaceae), дизъюнктивно распространенный в Восточной Азии, в восточной части США и в Вест-Индии. Растение имеет красивые соцветия и выращивается как важное декоративное дерево для ландшафтного дизайна, садоводства и как источник лесоматериалов. Однако филогенетические отношения и биогеографическая история рода до недавнего времени оставались неразрешенными. Исследования с использованием большого набора геномных данных показали, что катальпа является монофилетическим родом, содержащим две основные клады: секцию *Catalpa* с тремя субкладами и секцию *Macrocatalpa* Griseb. Важным результатом является обнаружение события межвидового потока генов, включающего *C. bungei* s. str. с векторами наследования от *C. duclouxii* Dode и *C. fargesii* Bureau. Неполная сортировка родословных, вероятно, сыграла важную роль в эволюционной истории катальпы. Опираясь на филогеномный подход и современные биогеографические методы, авторы предположили три основных события расселения катальпы, два из которых произошли в олигоцене (Dong et al. 2022). Психоактивные грибы рода *Psilocybe* веками использовались в Мезоамерике. Несмотря на большой интерес к этой группе, как объекту культуры,

науки и медицины, сведения о таксономии и филогенетических отношениях оставались неполными. По данным геномного секвенирования 71 образца с использованием 2983 семейств генов была создана полностью подтвержденная филогения и показано, что биосинтез псилосибина впервые возник у *Psilocybe* (Fr.) P. Kumm., возможно, с несколькими горизонтальными переносами к другим грибам 40–22 млн л. н. В целом, результаты дали новое представление об эволюционном происхождении биосинтеза псилосибина, что очень важно для понимания функциональной роли и применения этого многообещающего психотропного средства для лечения различных психических заболеваний (Bradshaw et al. 2022).

Датировка эволюционных событий. Филогеномный подход успешно применяется для датировки важнейших эволюционных событий. В отношении событий мела-палеогена и их связи с летописью окаменелостей известны три модели диверсификации плацентарных млекопитающих. Согласно эксплозивной модели общий предок Placentalia возник и диверсифицировался в палеогене; модель длительного плавления предполагает возникновение предка Placentalia в меловом периоде, но с внутри-порядковой диверсификацией в палеогене; в то время как в модели короткого запала несколько плацентарных отрядов диверсифицировались в меловом периоде, вскоре после возникновения Placentalia, а другие в палеогене (dos Reis et al. 2012). Байесовский анализ 36 ядерных и 274 митохондриальных геномов (в сумме 20.6 млн п. н.) в сочетании с надежной калибровкой ископаемых находок показал, что сумчатые отделились от плацентарных 168–178 млн л. н., а коронные сумчатые дивергировали 64–84 млн л. н., Placentalia разошлись 88–90 млн л. н., а современные отряды плацентарных (за исключением Primates и Xenarthra) возникли в промежутке примерно 20 млн л. (45–65 млн л. н.) после вымирания, на границе мел-палеоген (dos Reis et al. 2012).

Полученные временные оценки отодвинули дату происхождения и первоначальной диверсификации лягушек, червяг и саламандр на несколько миллионов лет раньше (Hime et al. 2021). Временной анализ расхождения линий филогеномного древа Coleoptera выявил поздне-каменноугольное происхождение жесткокрылых, позднепалеозойское происхождение всех современных подотрядов жуков и триасово-юрское происхождение большинства существующих семейств; однако фундаментальные расхождения в филогении жуков не совпали с гипотезой меловой земной революции (Cai et al. 2022). Отряд насекомых Psocodea, представляющий собой разнообразную филогенетическую линию, включает как паразитических (Phthiraptera), так и непаразитических представителей (Psocoptera). Филогеномный анализ с использованием данных для 2370 ортологичных генов указал на единое происхождение паразитизма внутри отряда Psocodea, разрешая противоречивые результаты предыдущих исследований. Согласно датировкам, паразитизм мог возникнуть в любое время между 115 млн л. н. и начальной диверсификацией паразитических видов 100 млн л. н. (De Moya et al. 2021). Датированные филогеномные деревья с интеграцией новых окаменелостей указывают на то, что диверсификация коронных китообразных Cetacea началась до позднего эоцена, а дивергенция коронных дельфиновых Delphinidae – уже в среднем миоцене (McGowen et al. 2020). Время дивергенции семейства грецких орехов было оценено в 78.7 млн л. н., причём основные линии диверсифицировались в теплых и сухих местообитаниях в середине палеоцена и раннем эоцене. По оценкам, Juglandaceae произошли в конце мелового периода, а Juglandoideae – в палеоцене, что свидетельствует о быстрой диверсификации в течение нескольких ледниковых периодов (Zhou et al. 2021). Полученные

результаты относительных сроков дивергенции (опирающиеся на надёжные палеонтологические данные) в основных линиях древа жаброногих предполагают палеозойское происхождение около 325 млн л. н. для предка *Cladocera* и древнюю быструю радиацию около 252 млн л. н. на границе перми и триаса (Van Damme et al. 2022).

Объединение филогеномики с летописью окаменелостей позволяет не только датировать важные эволюционные события, но может также выявить давно утраченные биогеографические связи. Анализ геномов (1105 экзонов для семи ныне живущих видов) с использованием обновлённых морфологических данных всех существующих и вымерших таксонов показал, что два существующих рода семейства лучепёрых рыб, короткорылые *Atractosteus* (Rafinesque, 1820) и длиннорылые *Lepisosteus* Lacépède, 1803 панцирники, разошлись примерно 105 млн л. н., и многие из предполагаемых расхождений в их филогении тесно связаны с крупными мезозойскими тектоническими событиями, включая разделение Америки, раннее расширение Атлантики и меловую реорганизацию речных систем Северной Америки. Коронные клады *Atractosteus* и *Lepisosteus* возникли в кайнозойе на востоке Северной Америки, т. е. этот регион служил как источником существующего разнообразия, так и рефугиумом этой древней линии (Brownstein et al. 2022).

Биологическая эволюция

Глобальная смена среды обитания и формирование адаптаций. Филогеномный анализ проясняет важные аспекты биологической эволюции разных таксономических групп, в том числе при их переходе в другую среду обитания. «Колонизация суши растениями явилась основополагающим событием в истории жизни на Земле, открыв совершенно новые ниши для диверсификации земной жизни и навсегда изменив углеродный цикл» (Harris et al. 2020). Оземление признаётся ключевым событием в развитии наземной растительной флоры. Общий предок эмбриофитов и водорослей *Zygnemataphyceae* имел гены (например, GRAS и PYR/PYL/RCAR), повышающие устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам у наземных растений. Приобретённые через горизонтальный перенос от почвенных бактерий, они сыграли важную роль в эволюции и радиации эмбриофитов (Cheng et al. 2019). Возникновение наземных растений сопровождалось новыми приспособлениями к жизни на суше, в том числе эволюцией устьиц (специализированных пор на поверхности растений, регулирующих газообмен и транспирацию). Основные гены, ответственные за развитие и функции устьиц, были хорошо изучены у модельных растений (таких, как *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh). Однако этого было явно недостаточно, чтобы понять эволюционное происхождение и наследственные функции данных приспособлений. Расширенный филогеномный анализ предоставил данные о наличии и отсутствии ортологических генов, участвующих в развитии и функционировании устьиц у мохообразных (древняя обособленная ветвь в эволюции высших растений) и убедительные доказательства их монофилии. Оказалось, что ряд генов основных замыкающих клеток, включая SPCH/MUTE, SMF и FAMA, восходит к общему предку эмбриофитов. Следовательно, у первых эмбриофитов устьица были более сложными, чем предполагалось ранее, а устьица мохообразных претерпели редуцированную эволюцию, включая их полную утрату у предка печеночников (но возникли позже в процессе эволюции) (Harris et al. 2020).

Переход к наземному образу жизни был связан с основными видами радиации у животных, включая наземных улиток и слизней. Для прояснения эволюционной истории радиации лёгочных брюхоногих моллюсков *Ranpulmonata*, был проведен

филогеномный анализ наборов данных ~1160 генов, кодирующих ядерные белки, для 110 видов, включая данные транскриптомов для представителей надотряда Sacoglossa и надсемейства Siphonarioidea. Результаты анализов показали, что Sacoglossa является сестринской группой клады Pneumopulmonata, внутри которой Siphonarioidea была сестринской остальным линиям в большинстве анализов. Кроме того, сдвиги в маргинальную среду обитания (эстуарии, мангровые заросли и приливные зоны) предшествовали и ускорили эволюцию пневмостом, подтверждая гипотезу о том, что адаптация к маргинальным зонам сыграла важную роль в основных переходах с моря на сушу (Krug et al. 2022).

Геномные подходы позволили лучше понять эволюцию и адаптацию к среде обитания цианобактерий – фотосинтезирующих прокариот, населяющих разнообразную водную и наземную среду. Филогенетический и сравнительный анализ 650 геномов цианобактерий, показал, что расширение семейств генов является обычной стратегией адаптации наземных цианобактерий к изменчивой среде, тогда как геномы многих морских штаммов, напротив, подверглись сокращению, чтобы адаптироваться к бедным питательными веществами условиям. Оказалось, что сотни генов, важных для выживания и адаптации этих организмов в конкретных местообитаниях, по-разному распространены в геномах морских, пресноводных и наземных цианобактериях. Они участвуют в восприятии и поглощении света, в хемотаксисе, переносе питательных веществ, реакциях на осмотический стресс и т. д. Показательно, что значительная часть таких генов вносится в результате горизонтального переноса, и эти генетические обмены более часто встречаются у наземных цианобактерий (Chen et al. 2021).

Происхождение и эволюция новшеств (приспособлений). Известные своими необычными биоматериалами, включая яды и шелка, пауки имеют древнее хищническое происхождение. Несмотря на большую практическую важность, отношения между основными родословными пауков оставались долгое время нерешёнными или требующими новых надёжных подтверждений. Филогеномный анализ пауков, включая таксоны, представляющие все основные линии, восстановил некоторые фундаментальные и бесспорные клады, но отверг преобладающую парадигму эволюции паутинных сфер монофилетической Orbiculariae, самой разнообразной линии, содержащей пауков-кругопрядов. Согласно геномным данным, круговая паутина либо возникла намного раньше, чем предполагали прежде, и появилась у предков большинства пауков, либо имеет несколько независимых источников происхождения. Примечательно, кругопряды из семейства Deinopoidea, использующие механически клейкий шёлк, оказались более тесно связанными с разнообразной кладой пауков (в основном беспутинных), чем с пауками семейства Aranoidea, плетущими круги с помощью клейких капель на шёлке. Оценки времени расхождения филогенетических линий относят происхождение кругов паутины к нижнеюрскому периоду. Эти данные имеют большое значение для интерпретации эволюции пауков, их биоматериалов и паутины (Bond et al. 2014).

Акустическая коммуникация – один из самых заметных способов передачи сигналов у животных, хорошо задокументированный у костистых рыб, лягушек, птиц, китообразных, наземных млекопитающих и насекомых. Используя филогеномные данные, была проведена реконструкция эволюции слуховых и звукопроизводящих органов у прямокрылых, дающая представление о том, как акустическая коммуникация возникла и разнообразилась в течение нескольких сотен миллионов лет эволюции. В частности, авторы пришли к заключению, что в подотряде Ensifera

(длинноусые прямокрылые) стридуляция на основе передних крыльев и большеберцовые тимпанальные уши эволюционировали одновременно, в то время как в подотряде Caelifera (короткоусые прямокрылые) брюшные тимпанальные уши сначала развились в несексуальном контексте, а позднее были кооптированы для передачи половых сигналов. Однако количество свидетельств того, что эволюция слуха и органов, производящих звук, увеличила скорость диверсификации в тех линиях, где была известна акустическая коммуникация, ограничено (Song et al. 2020).

Для увеличения эффективности расселения на новые территории, многие растения в процессе эволюции приобрели специфические приспособления, например, крылатые семена. Филогеномный анализ семейства Ореховых показал, что крылатые плоды были наследственным состоянием подсемейства Juglandoideae, но адаптация к новым режимам расселения и регенерации после границы мелового периода и палеогена привела к независимой эволюции зоохории среди нескольких родов Juglandaceae (Zhou et al. 2021).

Биология видов. Геномные исследования способствуют пониманию биологии вида, включая морфофизиологические особенности, диетические предпочтения, образ жизни и адаптацию к условиям среды обитания. В частности, геномные данные являются ценными ресурсами для изучения генетических механизмов адаптации птиц-хищников к окружающей среде, особенно обоняния, ночного образа жизни и реакции на УФ-излучение. Чтобы изучить эволюционную основу охотничьего поведения и адаптации ястребиных и сов к разным световым циклам, *de novo* были собраны черновые геномы индийского перепелятника *Accipiter virgatus* Temminck, 1822 и восточной сплюшки *Otus sunia* (Hodgson, 1836). Сравнение новых и имеющихся в базе данных геномов птиц обнаружило четыре положительно отобранных гена (positive selected genes, PSG): XRCC5, PRIMPOL, MDM2 и SIRT1, связанных с реакцией ястребиных на ультрафиолетовое излучение, и один ген PSG, ALCAM, связанный с развитием сетчатки у сов, что согласуется с их, соответственно, дневным и ночным хищническим образом жизни. Кроме того, была выявлена диверсификация репертуаров обонятельных рецепторов хищников, что может отражать важную роль обоняния в их образе жизни. Сравнение числа генов TAS2R (taste receptors; связаны с горечью вкуса) показало, что пищевые токсины были основной селективной силой, формирующей разнообразие репертуаров TAS2R у птиц. Меньшее количество генов TAS2R у хищников отражало их плотоядную диету, поскольку ткани животных с меньшей вероятностью содержат токсины, чем растительная пища (Zhou et al. 2019).

Исследования основных наземных птиц (Telluraves – хищные птицы, дятлы, попугаи и певчие птицы) с помощью секвенирования большого набора генов, связанных со зрением, слухом, языком, ощущением температуры, формой клюва, преобразованием вкуса, а также перевариванием и поглощением углеводов, белков и жиров, позволили обнаружить полногеномные адаптивные дифференциации, лежащие в основе их экологической диверсификации. Сравнительный молекулярно-филоэкологический анализ показал, что разные наземные птицы проявляют усиление адаптаций в разных аспектах, с формированием двух общих закономерностей. Хищные демонстрируют конвергентное адаптивное усиление переваривания и всасывания жиров, в то время как нехищные птицы, как правило, проявляют повышенную способность к перевариванию и всасыванию белков и углеводов. Результаты также показали относительно сильную поддержку хищнического образа жизни общего предка основных наземных птиц, предполагая единое происхождение хищников,

за которым последовали две вторичные потери хищного образа жизни внутри основных наземных птиц. Кроме того, в соответствии с предыдущими результатами (см. выше) у дневных птиц наблюдалась тенденция к адаптивному усилению зрения при ярком свете, а у ночных – к зрению при тусклом освещении (Wu et al. 2021).

Углубленный анализ всего генома представителей трех диетических групп млекопитающих – плотоядных, всеядных и травоядных – значительно улучшил понимание эволюции их диетических специализаций. Сравнивали 18 репрезентативных геномов млекопитающих, сосредоточив внимание на геномах кошачьих (домашняя кошка, тигр, лев, гепард и леопард), гоминидах и полорогих. Помимо явного сокращения в семействах генов, отвечающих за метаболизм крахмала и сахаразы, геномы плотоядных животных имели свидетельства общих эволюционных адаптаций в генах, ответственных за успешную охоту и потребление мяса. Причём анализ высоко консервативных регионов на уровне семейства выявил молекулярные признаки специфической пищевой адаптации у кошачьих, гоминид и полорогих. Однако, в отличие от плотоядных, всеядные и травоядные показали меньше общих адаптивных признаков, вероятно потому, что плотоядные животные находятся под сильным селективным давлением, обусловленным диетой. Опираясь на полученные результаты, авторы предположили, что наблюдаемое сокращение генетического разнообразия у кошачьих, связанное с уменьшением размеров популяции, может быть следствием негибкого характера строгой диеты, подчеркивая их уязвимость и критический статус охраняемых видов (Kim et al. 2016). Согласно сравнительному геномному анализу, в основе биологии и одомашнивания кошек лежит положительный отбор генов, участвующих в метаболизме липидов (основополагающие в адаптации к гиперхищной диете), сенсорных процессах (особенно влияющих на зрение и слух у хищников) и связанных с нервным гребнем (синдром одомашнивания). Кроме того, существует эволюционный компромисс между функциональным репертуаром генов обонятельных и вомероназальных рецепторов в геномах кошек и собак с расширением хемосенсорной системы кошек для обнаружения феромонов за счет распознавания запаха (Montague et al. 2014). В целом, эти результаты создают основу для будущего картирования болезней и филогеномных исследований всех представителей семейства кошачьих, а также предоставляют полезные ресурсы для исследований в области генетики и здоровья, связанных с питанием (Montague et al. 2014; Kim et al. 2016).

Геномные перестройки и гибридное видообразование. Филогеномный анализ оказался успешным в выявлении таких важных эволюционных событий, как геномные дубликации и гибридизация. Астериды – одна из самых успешных линий покрытосеменных растений, имеющая большое морфологическое разнообразие и включающая ряд важных культур. Предок астерид был древесным наземным растением с простыми листьями, обоеполыми и актиноморфными цветками со свободными лепестками и свободными пыльниками, верхней завязью со столбиком и косточковыми плодами. Анализ полногеномной дубликации (WGD) предоставил убедительные доказательства наличия 33 WGD у астерид и одного – у Berberidopsidales, включая четыре надсемейных и семь семейных/подсемейных WGD. Считается, что WGD способствуют изменчивости структуры генома и сложности организма и предположительно являются основным механизмом, поддерживающим ключевые функциональные инновации и разнообразие организмов. Основанные на данных геномики и транскриптомики, полученные результаты улучшают понимание филогении

астерид, значительно расширяя эволюционные представления об их разнообразии и морфологической эволюции (Zhang et al. 2020).

Понимание масштабов гибридизации и роли гибридизации в эволюции – важное направление современных биологических исследований. Полногеномные данные имеют решающее значение для определения видов с ретикулярной эволюцией, поскольку позволяют учитывать неполную сортировку по линиям и гибридизацию при построении видовых деревьев. Многочисленные филогенетические исследования не смогли прийти к консенсусу по многим аспектам эволюционных отношений меченосцев и плятипецилий (Poeciliidae, род *Xiphophorus* Heckel, 1848, подроды *Xiphophorus* и *Platypoecilus* Günther, 1866). Используя геномные данные, было реконструировано надёжное древо видов *Xiphophorus*, которое с высокой достоверностью объясняет как неполную сортировку линий, так и гибридизацию. Эти результаты позволяют пересмотреть давние разногласия относительно эволюции отбираемого половым путём меча у *Xiphophorus* и показать, что гибридизация была поразительно широко распространена в эволюционной истории этого рода. Примечательность примера состоит в том, что исследуемая группа видов характеризуется не только значительным морфологическим разнообразием, но также поведенческими барьерами для межвидового скрещивания (Cui et al. 2013).

Медведи имеют сложную модель видообразования и быструю эволюцию различных фенотипов. Обычная для медведей межвидовая гибридизация сформировала их сложную эволюционную историю со следами интрогрессии в палеогеномах (Челомина 2022). Недавние исследования, основанные на большом наборе геномных данных и новых методах обнаружения гибридного видообразования, предоставили убедительные доказательства гибридного происхождения азиатских чёрных медведей. Считается, что этот тип видообразования редко встречается у млекопитающих, в отличие от растений, которые могут приспосабливаться к полиплоидии. Чёрные азиатские медведи появились в результате исторической гибридизации между предками двух групп с контрастными размерами тела: (1) белый медведь, бурый медведь и американские чёрные медведи и (2) солнечный медведь и медведь-ленивец. Полагают, что репродуктивная изоляция от родительских линий, скорее всего, произошла за счёт альтернативного наследования дивергентных локусов. Кроме того, были идентифицированы ключевые гены, участвующие в фенотипе промежуточного размера тела азиатского чёрного медведя. Это исследование подчёркивает роль гибридизации как «катализатора формирования новых видов и фенотипической эволюции млекопитающих» (Zou et al. 2022).

Горизонтальный перенос генов (НТГ)

Впервые горизонтальный перенос генов между репродуктивно изолированными видами (Horizontal/Lateral Gene Transfer, HGT/LGT) наблюдал Ф. Гриффит в 1928 г. в эксперименте на бактериях. Масштабное выявление HGT началось с наступлением эры секвенирования геномов, и это привело к осознанию того факта, что HGT сыграл большую роль в эволюции не только бактерий, но и одноклеточных эукариот, растений и животных. События HGT, включая древний перенос генов между тремя доменами жизни (археями, бактериями и эукариотами), рассматриваются сейчас, как важная движущая сила эволюции эукариотического генома (Prasad et al. 2021; Chen et al. 2021; Undheim, Jenner 2021). Перенос симбиотических генов из митохондрии или пластид в ядро значительно повлиял на формирование геномов эукариот (Chen et al. 2021).

Зелёные растения (Viridiplantae), включающие около 500 000 видов, играют огромную роль как в наземных, так и в водных экосистемах и являются источником пищи для большинства живых существ на Земле. Их эволюция представляет собой процесс непрерывных морфологических и физиологических инноваций, которые позволили растениям адаптироваться к новым условиям. С увеличением геномных данных, доступных в последние годы, был достигнут огромный прогресс в исследованиях HGT у растений, и было обнаружено, по крайней мере, 200 генов или семейств генов, горизонтально приобретённых гораздо большим числом таксонов, чем предполагалось ранее. Внёсший огромный вклад в пластичность генома и адаптивную эволюцию прокариот и некоторых одноклеточных эукариот HGT также значительно способствовал эволюции и адаптации к разнообразным условиям зелёных растений, включая хлорофитные и харофитные зелёные водоросли, мохообразные, ликофиты, папоротники и семенные растения (Chen et al. 2021). Зеленые растения приобрели множество генов, связанных с реакцией на стресс, а также с устойчивостью к патогенам и травоядным насекомым, толерантностью к тяжёлым металлам, синтезом аминокислот и жирных кислот, репарацией и репликацией ДНК и др. Некоторые гены, приобретённые харофитами, в дальнейшем превратились в функционально важные для оземления растений. Интересно, что большинство приобретённых посредством HGT генов у несемennых растений происходят от бактерий, грибов или вирусов, в то время как у семенных растений часто встречается HGT от растения к растению (Chen et al. 2021). Некоторые некодирующие молекулы РНК, в том числе малые интерферирующие РНК, играющие ключевую роль во многих биологических процессах, включая реакции на биотический и абиотический стрессы, также могут переноситься горизонтально среди животных, микробов и растений. Горизонтально приобретённые РНК и гены, сыгравшие важную роль в адаптивных инновациях как зеленых растений, так и животных, могут иметь применение в селекции и улучшении сельскохозяйственных видов (Zeng, Lin 2017; Wang et al. 2020; Chen et al. 2021).

Недавно геномный скрининг обнаружил фрагменты BovV (мобильный генетический элемент, МГЭ) в геномах лягушек с Мадагаскара, имеющих высокое сходство (> 94%) с аналогичными последовательностями, выявленными ранее у змей. Это удивительный пример передачи геномного элемента у позвоночных от хищника (змей) к жертве (лягушкам). Элемент BovV длиной около 3.2 т. п. н. содержится также в геномах жвачных, сумчатых, чешуйчатых, однопроходных и африканских млекопитающих. Интересно, что последовательности BovV являются основным геномным компонентом некоторых из этих видов. При этом, согласно геномным данным, не менее 54 случаев HGT BovV, по-видимому, имели место 85–1.3 млн л. н. (Kambayashi et al. 2022). Использование комплексной трансконтинентальной выборки показало, что горизонтальный перенос BovV широко распространён только в одном из исследованных географических регионов, на Мадагаскаре, подразумевая важные региональные различия в распространённости HGT, а среди обнаруженных переносчиков (паразитов) доля BovV-положительных особей также высока на Мадагаскаре. Показательно, что в двух линиях лягушек HGT последовательности BovV возникли после миграции в «горячую» точку (Мадагаскар) из Африки. Эти результаты дают новое представление о том, что распространённость паразитов влияет на возникновение HGT в регионе, подобно ситуации с патогенами и их переносчикам при некоторых эндемических заболеваниях (Walsh et al. 2013; Kambayashi et al. 2022). Следует отметить, что МГЭ признаны основными кандидатами на роль переносчиков в рамках гипотезы HGT, а геномная «доместикация» может приводить

к их существенной функциональной эволюции. Например, доказано влияние этих элементов на эволюцию адаптивной иммунной системы челюстных позвоночных (Cooper, Alder 2006) и нормального развития плаценты у млекопитающих (Kaneko-Ishino, Ishino 2012), а также участие в репарации ДНК и др. (Liu et al. 2007; Thomas et al. 2010).

Интересным примером HGT является фрагмент размером около 1.5 Мб бактерии-вольбахии (*Wolbachia* Hertig, 1936 – род граммотрицательных плеоморфных бактерий из семейства Ehrlichiaсeae класса альфа-протеобактерий), который, после интеграции в геном *Atmadillium vulgare* Latreille, 1804 (наземная мокрица-броненосец из класса высших раков), привёл к созданию новой половой хромосомы W6 (Prasad et al. 2021). Опосредованный вольбахиями HGT оказался связанным с **цитоплазматической несовместимостью**. У членистоногих цитоплазматическая несовместимость определяется как «эгоистичная репродуктивная манипуляция, вызванная эндосимбионтом *Wolbachia*». У самцов *Wolbachia* модифицирует сперму, что приводит к гибели эмбрионов при скрещивании с неинфицированными самками. У самок *Wolbachia* спасает скрещивание и позволяет яйцам нормально развиваться, что дает им репродуктивное преимущество, позволяя передающемуся от матери симбионту быстро распространяться среди популяций хозяев. Сравнительный геномный анализ идентифицировал гомологи генов, лежащих в основе этого фенотипа, *cifA* и *cifB* (*cif* – cytoplasmic incompatibility factor), тесно связанные с цитоплазматической несовместимостью. Оказалось, что в каждом геноме имеется до семи копий этих генов, и согласно филогенетическому анализу *Wolbachia* часто приобретает новые копии из-за повсеместного горизонтального переноса между штаммами. Во многих случаях гены впоследствии приобретают мутации с потерей функции, превращаясь в псевдогены. Вначале это происходит в *cifB*, единственной функцией которого является модификация сперматозоидов, а затем – в *cifA*, который необходим для сохранения скрещивания у самок. Хотя гены *cif* рекомбинируют, рекомбинация в значительной степени ограничивается близкородственными гомологами. Такой сценарий предсказывается в рамках модели коэволюции между модификацией сперматозоидов и спасением эмбрионов, где рекомбинация между отдаленно родственными парами генов ведет к созданию самонесовместимого штамма. Вместе эти паттерны приобретения, потери и рекомбинации генов поддерживают эволюционные модели цитоплазматической несовместимости (Martinez et al. 2021).

Система паразит-хозяин и симбиоз признаются оптимальными моделями для изучения феномена HGT (Gilbert et al. 2010; Schaack et al. 2010; Wijayawardena et al. 2013). Например, одним из предполагаемых механизмов эволюции токсинов является горизонтальный перенос генов, а паразитоидные осы *Nasonia* Ashmead, 1904 представляют собой один из немногих примеров ядовитых видов, для которых механизм HGT описан достаточно подробно. В частности, у *Nasonia* обнаружена хитиназа Gh19, которая происходит от одноклеточных микроспоридий и, вероятно, встречается также у других паразитоидных ос. Горизонтальный перенос между группами был установлен при сравнении филогении хитиназы Gh19 с деревом жизни (Martinson et al. 2016). Член порообразующих токсинов (Pore-forming proteins, PFTs) *Nematostella* Stephenson, 1935 с доменом аэролизина, очевидно, был перенесен горизонтально от патогенной бактерии *Aeromonas hydrophila* (Chester 1901) к актинии *Nematostella*, и эти гены остаются функционирующими (Moran et al. 2012). События HGT были описаны и для других ядовитых видов, например, генов латротоксинов пауков (Drukewitz, Reumont 2019). Геномный анализ многоножек обнаружил

доказательства причастности HGT к эволюционному происхождению яда в линии животных, который может обеспечить «ускоренный канал для эволюции новшества за счет превращения бактериального оружия в яды животных» (Undheim, Jenner 2021).

Считается, что в среднем 81% генов прокариот были вовлечены в HGT. Анализ ~128 000 геномов прокариот и вирусов выявил несколько потенциальных путей горизонтального переноса генов с участием кровососущих паразитов, внутриклеточных патогенов и бактерий (Li et al. 2022). Чтобы оценить масштабы HGT среди эукариот, недавно было проведено исследование по идентификации областей HGT у 13 модельных эукариот путем сравнения их геномов с геномами 824 эукариотических видов. В геномах первых было обнаружено от 4 до 358 неповторяющихся HGT на вид, большая часть которых ранее была неизвестна. Большинство из 824 эукариот с полноразмерными последовательностями генома также содержат HGT; они трансформировали геномы своих хозяев тысячами копий и повлияли на сотни и даже тысячи генов. Таким образом, результаты свидетельствуют о широком распространении HGT среди эукариот, являющегося «вездесущим» двигателем эволюции их генома (Li et al. 2022).

Заключение

Возможность получать данные о последовательностях ДНК в масштабе генома произвела революцию в биологии с созданием новых областей, таких как филогеномика. Выполнимость одновременного анализа сотен геномов предоставила беспрецедентные возможности для разрешения филогенетических противоречий, выявления геномных инноваций и генетической основы репродуктивной изоляции. Благодаря усовершенствованиям высокопроизводительного секвенирования и вычислительных методов в настоящее время достигнут значительный прогресс в установлении полных филогений и временных шкал для многих таксономических групп эукариот. По оптимистичным прогнозам геномы большинства живых видов будут секвенированы в ближайшие десять лет. Использование полных геномов со всеми кодирующими и некодирующими последовательностями поможет выявить и понять ранее скрытые геномные эффекты. В результате будет создан мощный ресурс для расшифровки механизмов эволюции эукариотического генома и реконструкции глобального древа жизни.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000154-4).

Литература (References)

- Челомина Г. Н. 2022. Палеогеномика (краткий обзор) // *Биота и среда природных территорий*. Т. 10. № 4. С. 64–87. (Chelomina G. N. 2022. Paleogenomics (short review). *Biota and Environment of Natural Areas* 10(4): 64–87. [In Russian].) https://doi.org/10.25221/2782-1978_2022_4_7
- Bond J. E., Garrison N. L., Hamilton C. A., Godwin R., Hedin M., Agnarsson I. 2014. Phylogenomics resolves a spider backbone phylogeny and rejects a prevailing paradigm for orb web evolution. *Current Biology* 24(15): 1765–1771. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.06.034>
- Bradshaw A. J., Ramirez-Cruz V., Awan A. R., Furci G., Guzman-Davalos L. et al. 2022. Phylogenomics of the psychoactive mushroom genus *Psilocybe* and evolution of the psilocybin biosynthetic gene cluster. *BioRxiv* 12. <https://doi.org/10.1101/2022.12.13.520147>
- Brownstein C. D., Yang L., Friedman M., Near T. J. 2022. Phylogenomics of the Ancient and Species-Depauperate Gars Tracks 150 Million Years of Continental Fragmentation in the Northern Hemisphere. *Systematic Biology* syac080–syac080. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syac080>

- Burki F.** 2014. The eukaryotic tree of life from a global phylogenomic perspective. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 6(5): a016147. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a016147>
- Burki F., Shalchian-Tabrizi K., Pawlowski J.** 2008. Phylogenomics reveals a new ‘megagroup’ including most photosynthetic eukaryotes. *Biology letters* 4(4): 366–369. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0224>
- Cai C., Tihelka E., Giacomelli M., Lawrence J. F., Ślipiński A.** et al. 2022. Integrated phylogenomics and fossil data illuminate the evolution of beetles. *Royal Society Open Science* 9(3): 211771. <https://doi.org/10.1098/rsos.211771>
- Carter J. K., Kimball R. T., Funk E. R., Kane N. C., Schield D. R., Spellman G. M., Safran R. J.** 2023. Estimating phylogenies from genomes: A beginners review of commonly used genomic data in vertebrate phylogenomics. *Journal of Heredity* 114(1): 1–13. <https://doi.org/10.1093/jhered/esac061>
- Chen M. Y., Teng W. K., Zhao L., Hu C. X., Zhou Y. K.** et al. 2021. Comparative genomics reveals insights into cyanobacterial evolution and habitat adaptation. *The ISME Journal* 15(1): 211–227. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-00775-z>
- Chen R., Huangfu L., Lu Y., Fang H., Xu Y., Li P.** et al. 2021. Adaptive innovation of green plants by horizontal gene transfer. *Biotechnology Advances* 46: 107671. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107671>
- Cheng S., Xian W., Fu Y., Marin B., Keller J., Wu T.** et al. 2019. Genomes of subaerial Zygnematophyceae provide insights into land plant evolution. *Cell* 179(5): 1057–1067. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.10.019>
- Cloutier A., Sackton T. B., Grayson P., Clamp M., Bake, A. J., Edwards S. V.** 2019. Whole-genome analyses resolve the phylogeny of flightless birds (Palaeognathae) in the presence of an empirical anomaly zone. *Systematic Biology* 68(6): 937–955. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syz019>
- Cooper M. D., Alder M. N.** 2006. The evolution of adaptive immune systems. *Cell* 124: 815–822. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.02.001>
- Cui R., Schumer M., Kruesi K., Walter R., Andolfatto P., Rosenthal G. G.** 2013. Phylogenomics reveals extensive reticulate evolution in *Xiphophorus* fishes. *Evolution* 67(8): 2166–2179. <https://doi.org/10.1111/evo.12099>
- De Moya R. S., Yoshizawa K., Walden K. K., Sweet A. D., Dietrich C. H., Kevin P. J.** 2021. Phylogenomics of parasitic and nonparasitic lice (Insecta: Psocodea): combining sequence data and exploring compositional bias solutions in next generation data sets. *Systematic Biology* 70(4): 719–738. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaa075>
- Dong W., Liu Y., Li E., Xu C., Sun J., Li W.** et al. 2022. Phylogenomics and biogeography of Catalpa (Bignoniaceae) reveal incomplete lineage sorting and three dispersal events. *Molecular Phylogenetic and Evolution* 166: 107330. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2021.107330>
- dos Reis M., Inoue J., Hasegawa M., Asher R. J., Donoghue P. C., Yang Z.** 2012. Phylogenomic datasets provide both precision and accuracy in estimating the timescale of placental mammal phylogeny. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279(1742): 3491–3500. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0683>
- Drukewitz S. H., von Reumont B. M.** 2019. The Significance of Comparative Genomics in Modern Evolutionary Venomics. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7: 163. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00163>
- Eisen J. A.** 1998. Phylogenomics: improving functional predictions for uncharacterized genes by evolutionary analysis. *Genome Research* 8(3): 163–167. <https://doi.org/10.1101/gr.8.3.163>
- Eisen J. A., Kaiser D., Myers R. M.** 1997. Gastrogenomic delights: a movable feast. *Nature medicine* 3(10): 1076. <https://www.nature.com/articles/nm1097-1076>
- Gilbert C., Schaack S., Pace J. K., Brindley P. J., Feschotte C.** 2010. A role for host-parasite interactions in the horizontal transfer of transposons across phyla. *Nature* 464: 1347–1350. <https://www.nature.com/articles/nature08939>
- Harris B. J., Harrison C. J., Hetherington A. M., Williams T. A.** 2020. Phylogenomic evidence for the monophyly of bryophytes and the reductive evolution of stomata. *Current Biology* 30(11): 2001–2012. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.048>
- Hime P. M., Lemmon A. R., Lemmon E. C. M., Prendini E., Brown J. M., Thomson R. C.** et al. 2021. Phylogenomics reveals ancient gene tree discordance in the amphibian tree of life. *Systematic Biology* 70(1): 49–66. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaa034>
- Kabayashi C., Kakehashi R., Sato Y., Mizuno H., Tanabe H.** et al. 2022. Geography-dependent horizontal gene transfer from vertebrate predators to their prey. *Molecular Biology and Evolution* 39(4): msac052. <https://doi.org/10.1093/molbev/msac052>

- Kaneko-Ishino T., Ishino F.** 2012. The role of genes domesticated from LTR retrotransposons and retroviruses in mammals. *Frontiers in Microbiology* 3: 2–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00262>
- Kim S., Cho Y. S., Kim H. M., Chung O., Kim H., Jho S.** et al. 2016. Comparison of carnivore, omnivore, and herbivore mammalian genomes with a new leopard assembly. *Genome Biology* 17(1): 1–12. <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-016-1071-4>
- Krug P. J., Caplins S. A., Algosó K., Thomas K., Valdés Á. A., Wade R.** et al. 2022. Phylogenomic resolution of the root of Panpulmonata, a hyperdiverse radiation of gastropods: new insight into the evolution of air breathing. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 289(1972): 20211855. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1855>
- Li K., Yan F., Duan Z., Adelson D. L., Wei C.** 2022. Widespread of horizontal gene transfer events in eukaryotes. *bioRxiv* 2022-07. <https://doi.org/10.1101/2022.07.26.501571>
- Liu D., Bischerour J., Siddique A., Buisine N., Bigot Y., Chalmers R.** 2007. The human STMAR protein preserves most of the activities of the ancestral Hs-mar1 transposase. *Molecular and Cell Biology* 27: 1125–1132. <https://doi.org/10.1128/MCB.01899-06>
- Martinez J., Klason L., Welch J. J., Jiggins F. M.** 2021. Life and death of selfish genes: comparative genomics reveals the dynamic evolution of cytoplasmic incompatibility. *Molecular Biology and Evolution* 38(1): 2–15. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa209>
- Martinson E. O., Martinson V. G., Edwards R., Werren J. H.** 2016. Laterally transferred gene recruited as a venom in parasitoid wasps. *Molecular Biology and Evolution* 33(4): 1042–1052. <https://doi.org/10.1093/molbev/msv348>
- McGowen M. R., Tsagkogeorga G., Álvarez-Carretero S., Dos Reis M., Struebig M.** et al. 2020. Phylogenomic resolution of the cetacean tree of life using target sequence capture. *Systematic Biology* 69(3):479–501. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syz068>
- Milián-García Y., Amato G., Gatesy J., Hekkala E., Rossi N., Russello M.** 2020. Phylogenomics reveals novel relationships among Neotropical crocodiles (*Crocodylus* spp.). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 152: 106924. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.106924>
- Montague M. J., Li G., Gandolfi B., Khan R., Aken B. L.** et al. 2014. Comparative analysis of the domestic cat genome reveals genetic signatures underlying feline biology and domestication. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(48): 17230–17235. <https://doi.org/10.1073/pnas.1410083111>
- Moran Y., Genikhovich G., Gordon D., Wienkoop S., Zenkert C.** et al. 2012. Neurotoxin localization to ectodermal gland cells uncovers an alternative mechanism of venom delivery in sea anemones. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279(1732): 1351–1358. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.1731>
- O'Brien S. J., Stanyon R.** 1999. Ancestral primate viewed. *Nature* 402(6760): 365–366. <https://www.nature.com/articles/46450>
- Prasad A., Chirom O., Prasad M.** 2021. Insect herbivores benefit from horizontal gene transfer. *Trends in Plant Science* 26(11): 1096–1097. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.07.012>
- Schaack S., Gilbert C., Feschotte C.** 2010. Promiscuous DNA: horizontal transfer of transposable elements and why it matters for eukaryotic evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 537–546. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.06.001>
- Song H., Béthoux O., Shin S., Donath A., Letsch H., Liu S.** et al. 2020. Phylogenomic analysis sheds light on the evolutionary pathways towards acoustic communication in Orthoptera. *Nature Communications* 11(1): 4939. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18739-4>
- Thomas M. C., Macias F., Alonso C., López M. C.** 2010. The biology and evolution of transposable elements in parasites. *Trends in Parasitology* 26: 350–362. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2010.04.001>
- Undheim E. A., Jenner R. A.** 2021. Phylogenetic analyses suggest centipede venom arsenals were repeatedly stocked by horizontal gene transfer. *Nature Communications* 12(1): 818. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21093-8>
- Van Damme K., Cornetti L., Fields P. D., Ebert D.** 2022. Whole-genome phylogenetic reconstruction as a powerful tool to reveal homoplasy and ancient rapid radiation in waterflea evolution. *Systematic Biology* 71(4): 777–787. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syab094>

- Walsh A. M., Kortschak R. D., Gardner M. G., Bertozzi T., Adelson D. L.** 2013. Widespread horizontal transfer of retrotransposons. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110(3): 1012–1016. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205856110>
- Wang H., Sun S., Ge W., Zhao L., Hou B., Wang K.** et al. 2020. Horizontal gene transfer of Fhb7 from fungus underlies *Fusarium* head blight resistance in wheat. *Science* 368(6493): eaba5435. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba5435>
- Wijayawardena B. K., Minchella D. J., DeWoody J. A.** 2013. Hosts, parasites, and horizontal gene transfer. *Trends in Parasitology* 29: 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.05.001>
- Wu Y., Yan Y., Zhao Y., Gu L., Wang S., Johnson D. H.** 2021. Genomic bases underlying the adaptive radiation of core landbirds. *BMC Ecology and Evolution* 21: 162. <https://doi.org/10.1186/s12862-021-01888-5>
- Young A. D., Gillung J. P.** 2020. Phylogenomics – principles, opportunities and pitfalls of big-data phylogenetics. *Systematic Entomology* 45(2): 225–247. <https://doi.org/10.1111/syen.12406>
- Zeng X., Lin J.** 2017. Factors influencing horizontal gene transfer in the intestine. *Animal Health Research Reviews* 18(2): 153–159. <https://doi.org/10.1017/S1466252317000159>
- Zhang C., Zhang T., Luebert F., Xiang Y., Huang C. H., Hu Y.** et al. 2020. Asterid phylogenomics/phylotranscriptomics uncover morphological evolutionary histories and support phylogenetic placement for numerous whole-genome duplications. *Molecular Biology and Evolution* 37(11): 3188–3210. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa160>
- Zhou C., Jin J., Peng C., Wen Q., Wang G., Wei W.** et al. 2019. Comparative genomics sheds light on the predatory lifestyle of accipitrids and owls. *Scientific Reports* 9(1): 2249. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38680-x>
- Zhou H., Hu Y., Ebrahimi A., Liu P., Woeste K., Zhao P., Zhang S.** 2021. Whole genome-based insights into the phylogeny and evolution of the Juglandaceae. *BMC Ecology and Evolution* 21(1): 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12862-021-01917-3>
- Zhu Q., Mai U., Pfeiffer W., Janssen S., Asnicar F., Sanders J. G.** et al. 2019. Phylogenomics of 10,575 genomes reveals evolutionary proximity between domains Bacteria and Archaea. *Nature Communications* 10(1): 5477. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13443-4>
- Zou T., Kuang W., Yin T., Frantz L., Zhang C., Liu J.** et al. 2022. Uncovering the enigmatic evolution of bears in greater depth: The hybrid origin of the Asiatic black bear. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119(31): e2120307119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2120307119>

БИОТА И СРЕДА ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

BIOTA AND ENVIRONMENT OF NATURAL AREAS

ISSN 2782-1978

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор – академик РАН Виктор Всеволодович Богатов

Издающие организации: ФГБУ «Дальневосточное отделение Российской академии наук»;
ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии»

Дальневосточного отделения Российской академии наук

Адрес редколлегии: г. Владивосток, 690022, проспект 100-летия Владивостока, д. 159,
ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН

E-mail: biota@biosoil.ru

Адрес сайта журнала: <http://www.biosoil.ru/biota-environ/>

Адрес страницы журнала в eLIBRARY.ru:

https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=77981

*

2023

Том 11, № 2

*

Редакторы номера: Л. А. Прозорова (отв. редактор),

М. В. Павленко, А. А. Гончаров, Е. А. Беляев

Номер утверждён в печать на заседании редколлегии

Вёрстка и корректура выполнены в издательстве «ДАЛЬНАУКА»

Фото на обложке:

Дальневосточная черепаха *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) в низовьях р. Комиссаровка.

Фото И. В. Масловой, Приморский край, Ханкайский р-н, 20.06.2017.

Подписано к печати 25.06.2023 г.

Формат 70x108/16. Усл. п. л. 8,8. Уч.-изд. л. 8,1.

Тираж 50 экз. Заказ ИВ 230991.

Издательство ООО «Дальнаука»

690106, г. Владивосток, пр. Красного Знамени, 10, каб. 20

Тел. +7 9242630160. E-mail: naukadv@mail.ru

<http://www.dalnauka.ru>

Отпечатано в ООО «ПСП95»

г. Владивосток, ул. Русская, 65, корпус 10