



Ландшафтно-экологические исследования в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН

Сергей Владимирович ОСИПОВ, Александр Михайлович ПАНИЧЕВ,
Иван Владимирович СЕРЁДКИН, Надежда Глебовна РАЗЖИГАЕВА,
Лариса Анатольевна ГАНЗЕЙ, Елена Николаевна ЧЕРНОВА

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
Автор, ответственный за переписку: Сергей Владимирович Осипов, sv-osipov@yandex.ru

Аннотация. В Тихоокеанском институте географии ДВО РАН с момента его организации в 1971 г. проводятся разноплановые ландшафтно-экологические исследования. В его тематике устойчиво представлен целый ряд направлений: экология видов (в том числе биология, экология, география и охрана редких видов); экология сообществ; палеоландшафтные реконструкции; био-геохимическая индикация среды; изучение катастрофических процессов; математические методы в географии и экологии; тематическое картографирование ландшафтных компонентов и др. В статье приведены некоторые результаты отдельных направлений, позволяющие представить спектр ландшафтно-экологических исследований в институте. Изложены факторы и закономерности развития ландшафтов в плейстоцене–голоцене на Курильских островах и юге Приморья (побережье зал. Петра Великого и предгорья Восточно-Маньчжурских гор). Отмечена значительная роль пожаров, которые происходили на юге Дальнего Востока задолго до освоения территории. Показаны био-геохимические особенности массовых видов гидробионтов прибрежных вод Японского и Белого морей. Показано, что концентрация тяжелых металлов может быть не только повышена в связи с наличием природных и антропогенных источников относительно фоновое уровня, но и понижена. Значительно углублены представления о геофагии (литофагии) среди растительноядных животных, предложена принципиально новая гипотеза, суть которой в том, что геофагия в большинстве случаев обусловлена нарушениями соотношения поступающих в организм животного редкоземельных элементов, входящих в состав нервно-гуморальной регуляторной системы, влияющей на многие процессы в организме, прежде всего, на минеральный обмен в целом. Определены особенности берложных стадий бурого и гималайского медведей в Приморском крае, бурого медведя в Камчатском крае и Сахалинской области. Для всех районов характерно обустройство медведями берлог в труднодоступных местах. Выявлены закономерности смен растительности и экосистем некоторых природных и техногенных ландшафтов Дальневосточного региона. Намечена методология ландшафтного анализа при изучении экологических сукцессий и разработке матрицы местообитаний. В заключение отмечено, что незаменимость ландшафтного подхода в экологических исследованиях состоит в том, что именно он позволяет рассматривать среду обитания во всех аспектах: с точки зрения и строения, и функционирования, и развития.

Ключевые слова: ландшафт, геосистема, экосистема, ландшафтная экология, геоэкология.

Для цитирования: Осипов С.В., Паничев А.М., Серёдкин И.В., Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Чернова Е.Н. Ландшафтно-экологические исследования в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН // Тихоокеанская география. 2022. № 1. С. 18–34 . https://doi.org/10.35735/26870509_2022_9_2.

Landscape-ecological studies in the Pacific Geographical Institute FEB RAS

S.V. OSIPOV, A.M. PANICHEV, I.V. SERYODKIN, N.G. RAZJIGAEVA,
L.A. GANZEY, E.N. CHERNOVA

Pacific Geographical Institute of the FEB RAS, Vladivostok, Russia
Corresponding author: sv-osipov@yandex.ru

Abstract. Since its organization in 1971, the Pacific Geographical Institute FEB RAS has been conducting very diverse landscape-ecological studies. A number of scientific areas are consistently represented in its topics: ecology of species (including biology, ecology, geography and protection of rare species); ecology of communities; paleolandscape reconstructions; biogeochemical indication of the environment; study of catastrophic processes; mathematical methods in geography and ecology; thematic mapping of landscape components, etc. The article presents some results of the areas, allow us to present the range of landscape-ecological studies in the Institute. Factors and features of landscape development in the Pleistocene-Holocene on the Kuril Islands and the south of Primorye (the coast of Peter the Great Bay and the foothills of the Eastern Manchurian Mountains) are described. The essential role of fires that occurred in the south of the Far East long before the mastering of the territory was noted. The biogeochemical features of the mass species of hydrobionts of the coastal waters of the Japanese and White Seas are shown. It is proved that the concentration of heavy metals can be not only increased, but also lowered relative to the background level. The concepts of geophagy (lithophagy) among herbivorous animals have been significantly deepened, a fundamentally new hypothesis has been proposed, the essence of which is that geophagy in most cases is due to violations of the ratio of rare earth elements entering the animal organism, which are part of the neuro-humoral regulatory system that affects many processes in the organism, primarily mineral metabolism in general. The features of the denning stations of the brown and Asiatic black bears in the Primorsky Territory, the brown bear in the Kamchatka Territory and the Sakhalin Region are determined. All areas are characterized by the arrangement of bears' dens in hard-to-reach places. The regularities of changes in vegetation and ecosystems of some natural and man-made landscapes of the Far Eastern region are revealed. The methodology of landscape analysis in the study of ecological successions and the development of a habitat matrix is outlined. In conclusion, it is noted that the irreplaceability of the landscape approach in environmental research is that it allows you to structure the habitat in all aspects: from the point of view of structure, functioning, and development.

Keywords: landscape, geosystem, ecosystem, geocomplex, structure, functioning, dynamics, landscape ecology, geoecology.

For citation: Osipov S.V., Panichev A.M., Seryodkin I.V., Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Chernova E.N. Landscape-ecological studies in the Pacific Geographical Institute FEB RAS. *Pacific Geography*. 2022;(1): 18–34. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2022_9_2.

Введение

В Тихоокеанском институте географии с момента его организации в 1971 г. разрабатываются различные вопросы, стоящие на пересечении географических и экологических дисциплин. В частности, в его тематике устойчиво представлен целый ряд направлений ландшафтно-экологических исследований: экология видов (в том числе биология, экология, география и охрана редких видов); экология сообществ; палеоландшафтные реконструкции; биогеохимическая индикация среды; изучение катастрофических процессов; математические методы в географии и экологии; тематическое картографирование

ландшафтных компонентов и др. Исследования проводились в нескольких структурных подразделениях. Изначально их постановка и развитие связаны с именами Ю.Г. Пузаченко, Э.Г. Коломыца, Б.И. Семкина, В.Г. Коноваленко, Б.В. Пояркова. В последующие десятилетия эта тематика развивалась в работах Б.С. Петропавловского, А.М. Короткого, Д.Г. Пикунова, В.П. Селедца, Б.В. Преображенского, Н.К. Христофоровой, А.Н. Качура, В.М. Урусова, С.Б. Симонова, Л.Д. Филатовой, А.Н. Киселева, Б.И. Семкина, В.В. Суханова, Л.В. Созинова, В.А. Немченко. В настоящее время ландшафтно-экологические исследования представлены в работах С.А. Зимова, Н.К. Христофоровой, В.В. Жарикова, В.Н. Бочарникова, С.П. Давыдова, Ю.К. Петруненко, С.И. Коженковой, П.С. Симонова, Л.А. Майоровой, И.Ф. Скириной, Е.П. Кудрявцевой, Е.В. Ивакиной, Н.Ф. Пшеничниковой, Т.А. Гребенниковой, В.Б. Базаровой, П.С. Белянина, М.С. Лящевской и других сотрудников, а также авторов этой статьи. В данной статье приведены лишь некоторые результаты, которые в совокупности позволяют представить спектр ландшафтно-экологических исследований в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН.

Реконструкции развития ландшафтов в плейстоцене–голоцене

Для Курильских островов восстановлены этапы развития ландшафтов при климатических изменениях плейстоцена–голоцена [1, 2]. По сравнению с континентальным побережьем и крупными островами климатические изменения в голоцене на Курилах проявились менее контрастно. Большую роль в развитии растительности играло смещение теплых и холодных морских течений, что усиливало или смягчало эффект климатических изменений. Наиболее значительный сдвиг границ растительных зон на север произошел в оптимум голоцена (около 6800 кал. л.н.). Установлено, что соотношение климатогенного и вулканогенного факторов в развитии ландшафтов в разных частях островной дуги в голоцене существенно различалось [3, 4]. Роль вулканизма была особенно высока на Центральных и Северных Курилах, что выражалось в несинхронности палеоландшафтных смен на разных островах. Большинство этих островов были изолированными при регрессивном положении уровня моря в последнюю ледниковую эпоху, и развитие их ландшафтов шло по пути изменения соотношения площадей, занятых группировками, представленными в современном растительном покрове. Так, на Центральных Курилах потепления выражались в расширении площадей, занятых березовыми лесами, похолодания – в увеличении роли тундровых ландшафтов. Более ярким был холодный «сигнал», восстановленный по расширению участков приморских тундр. В условиях частых извержений широкое развитие получали разнотравно-злаковые и разнотравные луга. В периоды покоя большое развитие получали кустарниковые сообщества. Прохладные условия с обильными снегопадами привели к широкому распространению в позднем голоцене кедрового стланика [5–7].

Ход развития ландшафтов Южных Курил во многом определил распад сухопутного моста, связывающего Курильские острова с о. Хоккайдо и материком в последнюю ледниковую эпоху, завершившийся в среднем голоцене [8, 9]. Разрыв ареалов растительности и невозможность повторного заселения с сопредельных островов во многом определило облик современных ландшафтов. Особенности рельефа островов и увеличение океаничности климата затруднили заселение видов с прилегающих территорий. Древесная растительность, существовавшая здесь в плейстоцене [10], достаточно быстро деградировала, стали развиваться лугово-болотные ландшафты. На последующее развитие биотических компонентов существенное влияние оказали тектоническое погружение, способствовавшее повышению уровня грунтовых вод, усиление роли холодного течения Оясио и вулканические пеплопады с сопредельных островов. Выделены стадии развития болотных ландшафтов с конца плейстоцена и установлены периоды обводнения и иссушения древних торфяников. Засушливые условия, как правило, наблюдались в кратковременные похолодания [11]. На основе палеоданных доказано, что на крупных островах наряду с ан-

тропогенными травяными сообществами были развиты природные луговые ландшафты, возникшие на ветробойных участках во время похолоданий в позднем голоцене. Выпадение вулканических пеплов и привнос эолового песка изменяли свойства почв и сильно влияли на растительные ассоциации [12].

В развитии биотических компонентов на островах велика роль рефугиумов, некоторые из реликтовых растительных сообществ сохранились с холодных эпох позднего плейстоцена, другие являются реликтами теплых периодов голоцена. Доказано, что реликтовые дубняки на Тихоокеанском побережье Итурупа сохранились в этой части острова с оптимума голоцена [13, 14]. Северная граница широколиственных лесов, по-видимому, располагалась на о. Уруп, где исчезновение широколиственных пород произошло в малый ледниковый период [15]. На примере лиственничников о. Шикотан установлены факторы, способствующие сохранению растительности рефугиума. Сделан вывод, что рефугиумы, оставшиеся от холодных эпох, в условиях островной суши являются более устойчивыми к изменениям климата (температурного режима и влагообеспеченности), чем реликты теплых эпох. Значительное снижение уровня океана (до 130 м) и образование обширной суши в условиях холодного климата в большей степени способствовали продвижению на юг северных видов, чем южных на север во время потеплений, сопровождавшихся трансгрессиями и распадом сухопутных мостов на отдельные острова [16].

На основе новых высокоразрешающих летописей восстановлены этапы развития ландшафтов на юге Приморья в позднем плейстоцене–голоцене (побережье зал. Петра Великого и предгорья Восточно-Маньчжурских гор), что позволило значительно детализировать представление об эволюции растительного покрова. В начале среднего голоцена на горных склонах были развиты дубово-ильмовые леса с сосной корейской, а на прибрежных равнинах – луга. В оптимум голоцена в горах произошел расцвет полидоминантных лесов, в конце среднего голоцена распространились темнохвойные и мелколиственные леса. В середине позднего голоцена доминировали сообщества с сосной густоцветковой, сосной корейской, дубом монгольским и др. [17, 18]. Установлены фазы развития ландшафтов п-ва Муравьев-Амурский за последние 5950 кал. лет [19]. Полидоминантные широколиственные леса в начале позднего голоцена заместились кедрово-широколиственными. Роль хвойных сильно возросла во время похолодания на границе суббореал–субатлантик. Растительность быстро отреагировала на потепление около 2340–2050 кал. л.н., когда в лесах возросла роль неморальных элементов. Широкое развитие ольховников на побережье связано со снижением уровня моря около 1760 кал. л.н. Существенные ландшафтные изменения произошли во второй половине малого ледникового периода: увеличилась роль хвойных, на побережье – площадь безлесных участков.

Одним из факторов, влияющих на развитие ландшафтов, являются пожары, которые происходили на юге Дальнего Востока задолго до освоения территории. Снижение температур и ландшафтные изменения создавали условия для увеличения масштабов пожаров около 4000–800 кал. л.н., ведущей причиной становится освоение территории древним человеком [20].

Биогеохимические особенности морского макробентоса в различных эколого-географических условиях

Известно, что содержание микроэлементов в водных организмах зависит от геохимических особенностей прибрежных вод [21]. Кроме геохимических особенностей водных объектов (в том числе источников загрязнения) на микроэлементный состав организмов оказывает влияние их биология, биохимия, морфология, трофический уровень. Был изучен микроэлементный состав массовых видов гидробионтов Японского и Белого морей с целью их дальнейшего использования в программах биомониторинга загрязнения тяжелыми металлами морских прибрежных акваторий. Эколого-географический аспект

исследований заключался в выявлении связей между ландшафтно-морфологическими и гидрологическими характеристиками береговой зоны морей и уровнями накопления химических элементов в растительности литорали и верхней сублиторали.

Геохимические особенности вод Белого моря, по сравнению с Японским, заключаются в повышенных концентрациях в них ряда тяжелых металлов – железа, марганца, меди, цинка, никеля [21, 22]. Это связано с вкладом в Белое море речного стока, одного из главных источников поступления этих микроэлементов в морскую среду [21, 23]. Объем Японского моря составляет 1631 тыс. км³, объем материкового стока 210 км³. Материковый сток, в связи с его незначительностью, оказывает свое влияние только на прибрежные районы моря. Объем Белого моря в 300 раз меньше Японского – 5376 км³. Величина его речного стока – около 215 км³, что сопоставимо с величиной речного стока в Японское море. Коэффициент удельного водосбора Японского моря, определяемый как отношение площади водосбора моря к площади его акватории, составляет 0,35, Белого моря – 8,3, это является наибольшим показателем для всех окраинных морей Северного Ледовитого океана [24]. Средняя соленость прибрежных вод Японского моря – 32,5–33,5 ‰, Белого – 25 ‰. Коэффициент водообмена у Белого моря низкий [25], т.к. оно сообщается с соседним Баренцевым, узким и мелководным «горлом», на что дополнительно указывает пониженная соленость его вод. Японское море свободно обменивается водными массами с океаном через многочисленные проливы [26].

В макрофитах литорали Белого моря – массовых видах бурых водорослей семейства фукусовые (*Fucus vesiculosus*, *F. distichus*, *F. cerratus*) – концентрации Fe и Mn повышены, по сравнению с япономорскими водорослями того же рода (*F. distichus* sbsp *evanescens*). Но если в Белом море концентрации Fe и Mn в воде и водорослях повышены, то концентрации биофильных микроэлементов и их химических аналогов (Zn, Cd) в организмах существенно снижены, а концентрации Cu сопоставимы с таковыми в япономорских гидробионтах [27, 28].

Причина такого несоответствия между содержанием металлов в воде и организмах находится в других ландшафтно-морфологических особенностях литорали двух морей. В частности, строение береговой линии западной части Японского моря и низкая амплитуда приливов (0,3–1 м) сформировали узкую литораль, что не предполагает развития на ней большой биомассы продуцентов. Биомасса макрофитов распределена мозаично и колеблется от 0,5–5 кг/м² на каменисто-галечных россыпях литорали и верхней сублиторали, и только в сублиторали повышается до 10–40 кг/м² [29]. В Белом море ширина прибрежной приливно-отливной полосы, занятой зарослями макрофитов, достигает нескольких километров [24] благодаря мелководности и высокой амплитуде приливов. Макрофиты на ней распределены практически сплошным поясом, наибольшая биомасса отмечена на Мурманском побережье – 6–46 кг/м², в Кандалакшском заливе – до 26 кг/м², что составляет 279 т/км² воды [24]. Слабый водообмен Белого моря приводит к изъятию биологически важных для жизнедеятельности элементов и их аналогов высокой биомассой литорали и сублиторали, на единицу которой приходится более низкие их концентрации.

Аналогичная картина распределения биофильных микроэлементов (снижение по сравнению с открытыми акваториями) наблюдается в макрофитах некоторых бухт южного Приморья (бухта Экспедиции, зал. Посыета), которые характеризуются мелководностью, закрытостью, высокими продуктивностью и биомассой по сравнению с более открытыми акваториями с низким уровнем антропогенного пресса [27–28, 30].

И в Японском, и в Белом море активно ведутся работы по выращиванию моллюсков в толще воды на подвесных конструкциях. Пониженный фон некоторых биологически важных микроэлементов, в частности цинка, в организмах прибрежных вод Белого моря сформировал также различия в динамике микроэлемента в сезонном репродуктивном цикле культивируемых моллюсков *Mytilus edulis* по сравнению с близкородственными япономорскими *M. trossulus* [31]. У более холодноводных беломорских мидий летом, в связи с выметом половых продуктов при нересте, происходит уменьшение массы мягких

тканей на 30–40 %, тогда как у более тепловодных черноморских и япономорских – на 50 % и выше [31]. Перед нерестом в беломорских мидиях происходит перераспределение очень важного для гаметогенеза цинка из соматических тканей в половые продукты, что приводит к существенной потере элемента при нересте. Более высокая концентрация цинка в половых продуктах мидий из Японского моря и их соматических тканях не требует перераспределения элемента. В результате после нереста концентрация цинка в мидиях Белого моря достоверно снижается, а в мидиях Японского – возрастает (см. табл.). В период покоя, приходящегося на осенние месяцы, концентрация цинка в беломорских и япономорских мидиях увеличивается. В Японском море этому способствует осенний паводок, приносящий с суши дополнительное количество микроэлементов. В Белом море это происходит при отсутствии осеннего паводка и соответственно без дополнительного поступления металла с суши [31].

Таблица. Изменения концентрации (мкг/г) и содержания Zn (мкг/особь) в мягких тканях культивируемых мидий (*Mytilus edulis* из Белого моря и *M. trossulus* из Японского моря) на разных стадиях репродуктивного цикла

Table. Changes in the concentration (µg/g) and the content of Zn (µg/body) in the soft tissues of cultured mussels (*Mytilus edulis* from the White Sea and *M. trossulus* from the Sea of Japan) at different stages of the reproductive cycle

Параметр	Стадии репродуктивного цикла					
	Преднерест		Посленерест		Стадия медленного гаметогенеза	
	<i>M. edulis</i>	<i>M. trossulus</i>	<i>M. edulis</i>	<i>M. trossulus</i>	<i>M. edulis</i>	<i>M. trossulus</i>
Концентрация, мкг/г	46 ± 21	128 ± 26	33 ± 10	170 ± 45	50 ± 22	197 ± 44
Содержание, мкг/особь	53 ± 28	197 ± 56	27 ± 8	126 ± 59	48 ± 28	183 ± 75
Число проб	25	20	21	20	16	20

Таким образом, на распределение микроэлементов в тканях водных организмов оказывают влияние не только геохимические особенности вод, биологические и биохимические особенности вида, но и ландшафтно-морфологические характеристики побережья – водообмен, закрытость, мелководность акватории, формирующие объем водной продукции и биомассы.

Исследования геофагии среди растительноядных животных

В Тихоокеанском институте географии с 1980 г. проводятся исследования, связанные с определением причины геофагии (лиитофагии) среди растительноядных животных – явления, характерного лишь для некоторых местообитаний, преимущественно в горных регионах Земли. Следует заметить, что тема геофагии в России еще до недавнего времени была представлена только в ТИГе, в то время как за рубежом работы по данной тематике давно ведутся во многих научных учреждениях. Лишь в самые последние годы под влиянием идей, развиваемых в нашем институте, эта тема обозначилась и в российских вузах, в частности в МГУ им. М.В. Ломоносова и в Томском политехническом университете. Тему геофагии в нашем институте предложил и начал разрабатывать А.М. Паничев при поддержке Г.И. Худякова.

Ландшафтно-экологический аспект в теме геофагии до середины 2010-х гг. практически всеми исследователями определялся лишь с позиции представлений о натриевом голоде, который, как считалось, испытывают растительноядные, преимущественно копытные, животные, обитающие в натрийдефицитных ландшафтах. После обнаружения во многих поедаемых землях повышенного содержания натрия и особенно после натуральных экспериментов с животными, которым предлагали на выбор различные соли [32], недостаток натрия в диете долго считался почти доказанной и безальтернативной причиной

потребления животными землистых веществ. И это несмотря на то, что в значительной доле случаев доступного животным натрия в поедаемых минеральных веществах было не больше, чем в окружающих почвах. В 2016 г. А.М. Паничевым после проведения большого объема исследований химического состава потребляемых животными минеральных веществ в Сихотэ-Алине [33], Горном Алтае [34] и на Кавказе [35], а также анализа данных зарубежных авторов [36] была предложена принципиально новая «редкоземельная» гипотеза [37]. Ее суть в том, что геофагия если не во всех, то в большинстве случаев напрямую не связана с дефицитом натрия в диете, а обусловлена нарушениями у животных соотношения поступающих в организм редкоземельных элементов, входящих в состав нервно-гуморальной регуляторной системы, влияющей на многие процессы в организме, прежде всего на минеральный обмен в целом. Инстинктивное потребление животными глинистых и других минеральных сорбентов – это естественный и эффективный способ изъятия из организма избытка ряда химических элементов, в первую очередь редкоземельных элементов тяжелой подгруппы, поступающих в составе пищи и питьевой воды и определяющих стресс-состояние иммунной системы организма.

Однозначно доказать это удалось только в 2020 г. после проведения комплексных ландшафтно-биогеохимических исследований в трех районах Приморского края, где ранее была выявлена активная геофагия среди животных (всего на территории Приморья выявлено семь таких районов). Как было определено нами ранее, общими минералогическими особенностями всех семи районов в Сихотэ-Алине, где встречается геофагия, является наличие одновозрастных ранне-среднекайнозойских ареалов риолитового вулканизма с характерной сильно выраженной поствулканической цеолитовой минерализацией, а также их редкометалльно-редкоземельная и часто золото-серебряная рудная специализация.

Для детальных исследований были выбраны три района из семи: один в верховьях р. Милоградовка, на территории национального парка «Зов тигра», второй в окрестности г. Солонцовая на территории Сихотэ-Алинского биосферного заповедника, и третий – в приводораздельной части рек Бикин и Максимовка. Во всех трех районах отбирались водные пробы, пробы горных пород, в том числе поедаемых животными на солонцах-кудурах (рис. 1), а также пробы кормовой растительности. Кроме того, в каждом районе добыто по 1 благородному оленю, от которых взяты биохимические пробы. Собранный материал изучен в Аналитическом центре Дальневосточного геологического института ДВО РАН, а также в специализированных лабораториях Томского политехнического института. Основные методы: ИСР-спектроскопия; сканирующая электронная микроско-



Рис. 1. Типичный солонец-кудур в верховьях р. Пешерка (бассейн р. Бикин). Лоси и изюбры поедают глинисто-цеолитовые породы по риолитовым туфам палеоценового возраста. Фотоловушка, 2021 г.

Fig. 1. A typical solonets-kudur in the upper reaches of Pescherka River (Bikin River basin). Mooses and red deers eat clay-zeolite rocks on rhyolite tuffs of Paleocene age. Photo trap, 2021

пия; рентгенографический минералогический анализ и петрография с использованием оптического микроскопа. В подавляющем большинстве исследованные воды оказались ультрапресными гидрокарбонатно-натриево-кальциевыми, в незначительном количестве – сульфатно-натриево-кальциевыми с малой долей хлорид-ионов. Минерализация их колеблется в среднем от 20 до 100 мг/л; рН гидрокарбонатных вод колеблется от 6.00 до 7.00, сульфатных – от 3.50 до 5.00. Среднее содержание сумм редкоземельных элементов в водах изученных районов оказалось резко повышенным, превышающим средние показатели по речным водотокам Приморья и Мира в десятки и сотни раз. Особенно большой разрыв в показателях наблюдается по редкоземельным элементам тяжелой подгруппы.

Согласно данным электронной микроскопии, во всех образцах исследованных пород обнаружены фазы редкоземельных элементов, представленные фосфатами (монацит, рабдофан, ксенотим), встречаются также карбонаты (бастнезит, паризит), силикаты (ортит) и труднодиагностируемые минеральные фазы сложного состава. Кроме того, обнаружены легко растворимые вторичные минералы редкоземельных элементов, близкие по составу рабдофану, а также вторичный бастнезит.

На высокий фон редкоземельных элементов в ландшафтных компонентах в пределах исследованных территорий указывает также факт их накопления в растительности. Показано, что максимальные концентрации редкоземельных элементов обнаруживаются в папоротниках (в среднем в 10–30 раз больше, чем в прочих травах). Однако в наиболее поедаемых видах трав, в лабазнике и осоках, относительно больше накапливается редкоземельных элементов тяжелой подгруппы, особенно европия. Картина накопления европия в кормовой растительности оказалась хорошо коррелируемой с концентрированием европия в головном мозге и крови оленей, добытых в районах исследований. У оленей, которые добыты на удалении от районов исследований, пика европия в мозге не выявлено.

Сопоставление химического состава поедаемых горных пород и копролитов оленей показало, что породы, взаимодействуя в пищеварительном тракте с биологическими электролитами, отдают в организм существенные количества натрия (от 3 до 4 г/кг), а калий, кальций, магний и фосфор активно сорбируют. В составе микроэлементов наиболее активно сорбируются редкоземельные элементы тяжелой подгруппы.

Выявленные факты, частично опубликованные [38], указывают на то, что проживание животных в условиях ландшафтных аномалий редкоземельных элементов создает избыточное «давление» неблагоприятного геохимического фактора на организм, что может проявляться при достижении в организме критического порога концентрации в мозге редкоземельных элементов тяжелой подгруппы в виде специфической поведенческой реакции – геофагии. Аналогичные стресс-реакции с геофагией наблюдались в эксперименте на мышах, имеющих признаки нарушений минерального обмена. У людей, проживающих в условиях аномалий редкоземельных элементов, в частности в Индии и Африке, выявлены тяжелые эндемические заболевания сердечной мышцы (эндомиокардиальный фиброз Леффлера).

Природными минеральными сорбентами, которыми пользуются животные, могут выступать глины различного минерального состава, цеолиты, разнообразные силициты (опоки, трепелы) и т.п. Руководствуясь способностью сенсорно ощущать вещества, обогащенные ионами натрия, животные отыскивают и потребляют в первую очередь натрийсодержащие минеральные сорбенты. Когда натрия в сорбентах мало, животные могут довольствоваться подходящими аналогами с низким его содержанием. В Горном Алтае, к примеру, поедаемые животными глинистые грунты, формируемые на основе метаморфических сланцев протерозоя, состоят преимущественно из иллит-хлоритовых глин и кварцполевошпатового песка и содержат в 10–100 раз меньше биодоступных форм натрия в сравнении с потребляемыми сорбентами Сихотэ-Алиня, тем не менее они достаточно эффективно сорбируют редкоземельные элементы тяжелой подгруппы.

Выявленные факты открывают целое поле новых направлений исследований.

Особенности берложных стаций бурого (*Ursus arctos*) и гималайского (*U. thibetanus*) медведей

Зимний период является для медведей наиболее критичным для выживания из-за неблагоприятных условий, кроме того в это время у самок рождаются медвежата. От выбора животными пригодных для устройства берлог мест с определенными характеристиками ландшафтов, обладающими защитными свойствами, зависит благополучие популяций этих хищных млекопитающих. Характеристики ландшафтов в местах расположения берлог изучали для бурых и гималайских медведей в Приморском крае [39] и для бурых медведей в Камчатском крае [40] и Сахалинской области [41]. При обнаружении берлоги оценивали такие характеристики места положения убежища, как высота над уровнем моря, экспозиция склона, крутизна склона (в %), позиция берлоги на склоне (верхняя треть, средняя треть или нижняя треть), тип и особенности растительности.

В Приморском крае исследования проводили в Сихотэ-Алинском государственном природном заповеднике и в его окрестностях. В 1993–2002 гг. было обнаружено 20 берлог бурых медведей (11 берлог семи самцов и 9 берлог семи самок) и 31 берлога гималайских медведей (21 берлога 12 самцов и 10 берлог четырех самок). Все берлоги принадлежали меченым радиошейниками животным и были обнаружены при помощи радиотелеметрии.

У бурых медведей берлоги самцов располагались в среднем на высоте 872 м н.у.м., тогда как самок – 655 м н.у.м. Берлоги самцов располагались достоверно выше берлог самок. Самцы бурых медведей выбирали большие высоты по сравнению с позициями, выбранными случайно (100 случайных точек на территории исследования, где определяли высоту над уровнем моря). Все берлоги бурых медведей были на склонах. Самцы выбирали более крутые склоны, чем склоны из случайной выборки. Кроме того, берлоги самцов располагались на склонах с большим уклоном (в среднем 39 %), чем берлоги самок (в среднем 34 %). Медведи предпочитали для устройства берлог верхние трети склонов. В нижней трети склона была только одна берлога, в средней – шесть, тогда как в верхней трети – 13. На склонах восточной (40 %) и северной (30 %) экспозиций берлоги размещались чаще, чем на южной (20 %) и западной (10 %). Таким образом, бурые медведи на Сихотэ-Алине предпочитают при выборе места для берлог относительно высокие и крутые верхние трети склонов восточной и северной экспозиций [39].

Из 20 берлог бурых медведей 13 были расположены в лесах, в составе древостоя которых преобладали хвойные породы деревьев (ель аянская, пихта почкочешуйная, сосна корейская, лиственница Каяндера). Остальные семь берлог обнаружены в лиственных лесах (березняки, осинники и дубняки). В большинстве случаев берложные места имели высокие защитные свойства: высокую степень густоты древостоя, обилие кустарников и подроста. Большинство берлог находилось в высотном поясе растительности, представленном пихтово-еловыми лесами.

У гималайских медведей берлоги самцов располагались на больших высотах по сравнению с берлогами самок (в среднем 629 и 491 м н.у.м. соответственно), но они находились ниже, чем места из случайной выборки [39]. В отличие от бурых медведей у гималайских берлоги часто были расположены в поймах рек и ключей (10 берлог). Другие берлоги были расположены на северных (7 берлог), западных (5 берлог), восточных (3 берлоги), южных склонах (3 берлоги) и хребтах (3 берлоги). Выбор гималайскими медведями пойм рек связан с обустройством ими зимних убежищ в дуплах толстоствольных деревьев (рис. 2).

В Камчатском крае исследования проводили в 2005–2006 гг. в бассейне р. Шумная в Кроноцком государственном природном заповеднике. Берлоги бурых медведей обнаруживали при целенаправленном поиске в местах, потенциально пригодных для их обустройства; в местах визуальной регистрации медведей, находящихся у берлог в постберложный период и при посещении мест нахождения животных, меченных GPS-шейниками.

Было обнаружено 17 берлог. Из них одно зимнее убежище находилось в кальдере вулкана Узон, шесть в бассейне р. Гейзерная (окрестности Долины гейзеров) и 10 на левобережье среднего течения р. Шумная. Последние 10 берлог были расположены на небольшом участке верхней трети юго-западного склона, каньоном обрывающегося в Шумную на площади всего 12 км².

Все берлоги были расположены на склонах. Большая их часть (80 %) находилась в верхней трети склона (из них 13.3 % на хребте), а 20 % – в средней трети склона. Берлоги располагались на склонах с крутизной от 29 до 51 % (в среднем 41 %). Средняя высота над уровнем моря составила 512.8 м при максимуме 863 и минимуме 333 м. Одиннадцать берлог находились на склонах юго-западной экспозиции, еще две на близких к ней южной и западной, остальные распределялись на склонах разных экспозиций [40].

Одиннадцать берлог были в березовом лесу с доминированием в древостое березы Эрмана, остальные – в зоне произрастания только стланиковых форм кустарников. Ольховый стланик присутствовал у всех 17 берлог, кедровый стланик рядом с семью. В радиусе 10 м у 64.7 % берлог присутствовали деревья и во всех случаях кустарники (только один раз кустарники были единичны).

Таким образом, бурый медведь, обитающий в Кроноцком заповеднике, предпочитает устраивать берлоги на склонах, близких к юго-западной экспозиции, в зоне березовых лесов и стлаников.

В Сахалинской области в 2013 г. обнаружено две берлоги бурых медведей в бассейне р. Венгери в заказнике «Восточный». Обе берлоги принадлежали самкам, оснащенным GPS-ошейниками.

Берлоги были расположены на высотах 246 и 317 м н.у.м. на склонах восточной и северо-восточной экспозиций крутизной 40 и 44 %, обе в верхней трети склона. В обоих случаях убежища располагались в густых зарослях кедрового стланика в лесах с преобладанием в верхнем ярусе лиственницы Каяндера [41].

В целом для всех регионов, где проходили исследования, характерно обустройство медведями берлог в труднодоступных местах: для бурых медведей – в горной местности, на относительно больших высотах, в верхних частях крутых склонов, для гималайских медведей – в долинах рек (рис. 2) и на склонах разных экспозиций. Для увеличения выживаемости и воспроизводства медведей даны рекомендации по защите потенциальных мест обустройства берлог от вырубке леса и регулированию сезонов и методов охоты на медведей для снижения смертности взрослых самок [39, 40].



Рис. 2. Берлога гималайского медведя в дупле тополя, расположенная в пойме р. Джигитовка на Сихотэ-Алине

Fig. 2. The den of an Asiatic black bear in a hollow poplar tree, located in the floodplain of the Dzhigitovka River on Sikhote-Alin

Ландшафтный анализ при изучении экологических сукцессий

Изучение разнообразных смен растительности и экосистем практически невозможно без разнопланового анализа ландшафта – реального географического и абстрактного факторного пространства, среды экологических сукцессий. Этот вопрос рассмотрен на примере как природных, так и техногенных ландшафтов.

В горных тасжных и гольцовых ландшафтах Буреинского нагорья (природные ландшафты в верховьях р. Буря) выявлены пирогенные катастрофические смены и послепожарные демулационные (восстановительные) сукцессии (6 серий) [42]. Один из ведущих факторов, обуславливающих направление восстановительных сукцессий в этом регионе, – теплообеспеченность местообитания. Определение уровня теплообеспеченности проведено на основе жизненной формы растительного сообщества [43], пояснo-зонального положения участка, экспозиции (инсоляционной и циркуляционной) и уклона поверхности, глубины залегания многолетней мерзлоты, типа почвообразования и других характеристик растительности и местообитания [44, 45].

Охарактеризован растительный покров участков золотодобычи нижнего Приамурья (техногенные горнопромышленные ландшафты бореально-лесной (таежной) зоны) [46]. После разработки месторождения на полигоне представлены существенно различные местообитания, поэтому в последующем растительный покров любого полигона представляет собой комбинацию нескольких сукцессионных серий. Серия 1 приурочена к высоким (3–5 м) дражным отвалам, сложенным крупной галькой. На этих участках грунт характеризуется высокой пористостью и практически полным отсутствием мелкозема. Для них характерны промывной (провальный) режим увлажнения, вынос элементов минерального питания и мелкозема (притом, что процессы выветривания весьма замедлены), контрастный температурный суточный режим вегетационного сезона (сильный нагрев в солнечные дни, охлаждение в ясные ночи). Серия 2 представлена там, где поверхностный слой дражных отвалов образован легко выветриваемыми породами или содержит включения глины или древесины (встречается в отвалах при плохой расчистке полигона). Эта же серия представлена на дражных отвалах после технической рекультивации и даже после разового прохождения бульдозера, в результате чего уменьшается пористость грунта и верхний слой оказывается образованным не только каменистой, но и более мелкими фракциями. Серия 3 характерна для эфельных отвалов, как рекультивированных, так и не затронутых рекультивацией. Серия 4 представлена на вскрышных отвалах, верхний слой которых сложен подпочвенными аллювиальными или делювиальными отложениями (в основном это относительно мощные отвалы высотой несколько метров). Серия 5 характерна для вскрышных отвалов, верхний слой которых сложен преимущественно почвенными горизонтами (в основном это маломощные отвалы). Серия 6 представлена в тех пазухах и отстойниках, где образуется пойма. Серия 7 приурочена к более или менее замкнутым отстойникам и, изредка, пазухам. На дражных полигонах основную площадь занимает серия 2, на участках, обработанных гидромеханизированным способом, преобладает серия 3. Дана количественная оценка влияния трех факторов – возраста техногенного рельефа, географического положения и топографического положения – на серийную растительность участков золотодобычи [46].

Изучены процессы самовосстановления растительного покрова в карьерно-отвальных комплексах Павловского угольного месторождения Приханкайской равнины (техногенные горнопромышленные ландшафты дальневосточной лесостепи) [47]. Типы местообитания выделены на основе сходства экологически значимых характеристик всех компонентов ландшафта, в том числе самой растительности как важного индикатора экологических условий. В результате выявлено, что наиболее контрастные территориальные смены местообитаний в изученных карьерно-отвальных комплексах связаны со сменой субстрата (горных пород, формирующих поверхностные отложения) и геохимическими особенностями местоположения. На рис. 3 многомерная матрица местообитаний показана

на в виде проекции именно на эти ведущие факторы. Элювиальные и трансэлювиальные местоположения – это вершины, склоны разных экспозиций и крутизны, бугры. Аккумулятивные и трансаккумулятивные местоположения – это склоновые шлейфы, понижения между отвалами, западины, террасированные присклоновые участки. Субаквальные местоположения – это заполненные водой выемки, траншеи, понижения. Мезоморфная серия приурочена к весьма благоприятному по условиям увлажнения и минерального питания растений субстрату – отвалам четвертичных глин, суглинков и супесей. Ксеромезоморфная серия охватывает весьма разные субстраты, которые характеризуются довольно высокой скелетностью или плотностью. Гигромезоморфная серия охватывает весь спектр субстратов. Сходство или относительная биологическая равноценность ее местообитаний определяется, судя по всему, аккумулятивными и трансаккумулятивными местоположениями, которые характеризуются накоплением мелкозема (даже при большой каменистости горной породы) и относительно высокой влажностью. Гидроморфная серия приурочена к мелководьям глубиной до 0.5 м, где так же скапливается значительное количество мелкозема. Дана характеристика вариантов и стадий сукцессионных серий [47].

Горные породы	Местоположения		
	Элювиальные и трансэлювиальные	Аккумулятивные и трансаккумулятивные	Субаквальные
Глины, суглинки и супеси	М	ГМ	Г
Галечники, гравийники, пески и песчаники	КМ		
Аргиллиты, алевролиты, алевроиты и бурые угли			
Эффузивы и сланцы			

Рис. 3. Матрица местообитаний и экологические ареалы сукцессионных серий в карьерно-отвальных комплексах Павловского угольного месторождения. Экологические ареалы сукцессионных серий: М – мезоморфной, КМ – ксеромезоморфной, ГМ – гигромезоморфной, Г – гидроморфной

Fig. 3. The matrix of habitats and the ecological areas of successional series in the pit-dump complexes of the Pavlovsky coal field. The ecological areas of successional series: М – mesomorphic, КМ – xeromesomorphic, ГМ – hygromesomorphic, Г – hydromorphic

Разноплановый анализ ландшафта и разработка матрицы местообитаний позволяют отобразить не только смены растительности, но и экосистем в целом [48–50].

Заключение

В статье приведены некоторые результаты ландшафтно-экологических исследований, проводимых в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН: реконструкция развития ландшафтов, изучение биогеохимических особенностей морского макробенто-

са, исследование геофагии у животных, анализ медвежьих берложных стадий, выявление сукцессионных смен экосистем. Использование ландшафтного подхода (ландшафтной концепции, понятий и методов ландшафтоведения) создает базис для углубленного разнопланового и разноуровневого анализа географической среды. Незаменимость ландшафтного подхода в экологических исследованиях состоит в том, что именно он позволяет рассматривать среду обитания во всех аспектах: с точки зрения и строения, и функционирования, и развития.

Литература

1. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Белянина Н.И., Мохова Л.М., Арсланов Х.А., Чернов С.Б. Эволюция ландшафтов Курильских островов в голоцене // Изв. РАН. Серия геогр. 2014. № 3. С. 43–50.
2. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Mokhova L.M., Arslanov Kh.A., Chernov S.B. Holocene climatic changes and vegetation development in the Kuril Islands // Quaternary International. 2013. Vol. 290–291. P. 126–138.
3. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Arslanov Kh.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Mokhova L.M. Paleoenvironments of Kuril Islands in Late Pleistocene-Holocene: climatic changes and volcanic eruption effects // Quaternary International. 2011. Vol. 237. P. 4–14.
4. Ganzey L.A., Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Lyashevskaya M.S., Il'ev A.Ya., Kaistrenko V.M., Kharlamov A.A. Influence of natural catastrophes for development of Southern Kuril Island landscapes in Holocene // Quaternary International. 2011. Vol. 237. P. 15–23.
5. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Арсланов Х.А., Копотева Т.А., Рыбин А.В. Развитие озерно-болотных обстановок древней кальдеры о. Расшуа (Центральные Курилы) в голоцене // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31, № 4. С. 74–86.
6. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Белянина Н.И., Гребенникова Т.А., Арсланов Х.А., Пшеничникова Н.Ф., Рыбин А.В. Соотношение климатического и вулканогенного факторов в развитии ландшафтов острова Симушир (Центральные Курилы) в среднем–позднем голоцене // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32, № 3. С. 66–78.
7. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Арсланов Х.А., Мохова Л.М., Дегтерев А.В., Ганзей К.С., Пшеничникова Н.Ф., Максимов Ф.Е., Старикова А.А., Петров А.Ю. Запись палеогеографических событий позднеледниковья–голоцена в органогенных отложениях острова Матуа (Центральные Курилы) // Тихоокеанская геология. 2018. Т. 37, № 5. С. 48–64.
8. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Белянина Н.И. Первые данные о развитии ландшафтов на юге Курильских островов на рубеже плейстоцена–голоцена // Доклады Российской академии наук. 2010. Т. 430, № 1. С. 108–113.
9. Лящевская М.С., Гребенникова Т.А., Разжигаева Н.Г., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. Деградация лесной растительности при изменении площади островной суши в голоцене (юг Малой Курильской гряды) // Изв. РАН. Серия геогр. 2018. № 1. С. 52–62.
10. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Kuznetsov V.Yu., Maksimov F.E. Last Interglacial climate changes and environments of the Lesser Kuril Arc, north-western Pacific // Quaternary International. 2011. Vol. 241, N 1–2. P. 35–50.
11. Макарова Т.Р., Гребенникова Т.А. Реконструкция изменений ландшафтов островов Малой Курильской гряды на основе состава диатомовой флоры позднеледниковья–голоценовых торфяников // География и природные ресурсы. 2015. № 2. С. 124–133.
12. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Пшеничникова Н.Ф. Луговые ландшафты Южных Курил: происхождение, возраст и развитие // География и природные ресурсы. 2011. Т. 32, № 3. С. 96–104.
13. Короткий А.М., Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Базарова В.Б., Сулержикский Л.Д., Лутаенко К.А. Осадконакопление и палеоландшафты позднего плейстоцена–голоцена бассейна р. Курилки (о. Итуруп, Курильские острова) // Тихоокеанская геология. 2000. Т. 19, № 5. С. 61–77.
14. Лящевская М.С., Ганзей К.С. Развитие природной среды центральной части острова Итуруп в среднем – позднем голоцене (Курильские острова) // Вестн. КРАУНЦ. Сер. Науки о Земле. 2011. № 1, вып. 17. С. 35–45.
15. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Belyanina N.I., Ganzey K.S., Kaistrenko V.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Rybin A.V. Multiproxy record of late holocene climatic changes and natural hazards from paleolake deposits of Urup Island (Kuril islands) // J. of Asian Earth Sciences. 2019. Vol. 181. P. 103916.
16. Разжигаева Н.Г., Белянина Н.И., Ганзей Л.А., Арсланов Х.А., Чернов С.Б. Происхождение и эволюция реликтовых лиственничников о. Шикотан (Малая Курильская гряда) в голоцене // География и природные ресурсы. 2013. № 2. С. 125–131.
17. Андерсон П.М., Белянин П.С., Белянина Н.И., Ложкин А.В. Эволюция растительного покрова западного побережья залива Петра Великого в позднем плейстоцене–голоцене // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 99–108.
18. Белянин П.С., Андерсон П.М., Ложкин А.В., Белянина Н.И., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Горнов Д.А. Изменения растительности на юге российского Дальнего Востока в среднем и позднем голоцене // Изв. РАН. Серия геогр. 2019. № 2. С. 69–84.

19. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Kudryavtseva E.P., Grebennikova T.A., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Malkov S.S. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav'ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time // *Quaternary International*. 2019. Vol. 516. P. 127–140.
20. Базарова В.Б., Разжигаяева Н.Г., Ганзей Л.А., Копотева Т.А., Мохова Л.М., Паничев А.М., Климин М.А. Пирогенные события на юге Дальнего Востока в позднем плейстоцене–голоцене // *География и природные ресурсы*. 2017. № 4. С. 122–132.
21. Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 152 с.
22. Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. Владивосток: Дальнаука, 2004. 279 с.
23. Шулькин В.М. Сравнительная оценка азрального и флювиального поступления вещества в морские экосистемы (на примере Японского моря) // *География и природные ресурсы*. 2012. № 2. С. 135–140.
24. Кузнецов В.В. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 322 с.
25. Система Белого моря. Том 2. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. М.: Научный мир, 2012. 784 с.
26. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. М.: Мысль, 1999. 400 с.
27. Чернова Е.Н., Коженкова С.И. Определение пороговых концентраций металлов в водорослях-индикаторах прибрежных вод северо-западной части Японского моря // *Океанология*. 2016. Т. 56, № 3. С. 393–402.
28. Чернова Е.Н. Биогеохимический фон и особенности накопления металлов бурными водорослями рода *Fucus* из прибрежных вод Японского, Охотского и Белого морей // *Биология моря*. 2016. Т. 42, № 1. С. 60–68.
29. Калита Т.Л., Скрипцова А.В. Сублиторальные сообщества макрофитов Уссурийского и Амурского заливов (Японское море) в современных условиях // *Биология моря*. 2014. Т. 40, № 6. С. 427–434.
30. Чернова Е.Н., Христофорова Н.К., Вышварцев Д.И. Тяжелые металлы в морских травах и водорослях залива Посыета Японского моря // *Биология моря*. 2002. № 6. С. 425–430.
31. Чернова Е.Н. Изменение концентраций тяжелых металлов в тканях беломорской мидии в связи с репродуктивным циклом // *Биология моря*. 2010. Т. 36, № 1. С. 63–69.
32. Stockstad D.S., Morris M.S., Lory E.C. Chemical characteristics of natural licks used by big game animals in western Montana // *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*. 1953. Vol. 18. P. 247–257.
33. Panichev A.M., Seryodkin I.V., Zaumyslova O.Yu., Wach E.A., Stolyarova T.A., Sergievich A.A., Popov V.K., Chekryzhov I.Yu., Blokhin M.G., Khoroshikh P.P. Results of geological and geochemical investigations of Kaplanov kudurs in Sikhote-Alin, Russian Far East // *Arabian Journal of Geosciences*. 2018. Vol. 11 (493).
34. Panichev A.M., Seryodkin I.V., Kalinkin Y.N., Makarevich R.A., Stolyarova T.A., Sergievich A.A., Khoroshikh P.P. Development of the “rare-earth” hypothesis to explain the reasons of geophagy in Teletskoye Lake are kudurs (Gorny Altai, Russia) // *Environmental Geochemistry and Health*. 2018. Vol. 40 (4). P. 1299–1316.
35. Panichev A.M., Trepel S.A., Chekryzhov I.Yu., Seryodkin I.V., Vakh E.A., Makarevich R.A., Eskina T.G., Bibina K.V., Stolyarova T.A., Mitina E.I., Ivanov V.V., Ostapenko D.S., Kholodov A.S., Golokhvast K.S. A study of kudurs used by wild animals located on the water sources high in REE content in the Caucasus Nature Reserve // *Environmental Geochemistry and Health*. 2021. Vol. 43 (1). P. 91–112.
36. Panichev A.A., Popov V.K., Chekryzhov I.Yu., Seryodkin I.V., Stolyarova T.A., Zakusin S.V., Sergievich A.A., Khoroshikh P.P. Rare earth elements upon assessment of reasons of the geophagy in Sikhote-Alin region (Russian Federation), Africa and other world regions // *Environmental Geochemistry and Health*. 2016. Vol. 38 (6). P. 1255–1270.
37. Паничев А.М. Литофагия: причины феномена // *Природа*. 2016. № 4. С. 25–34.
38. Паничев А.М., Барановская Н.В., Чекрыжов И.Ю., Середкин И.В., Вах Е.А., Беляновская А.И. Редкоземельные элементы как причинный фактор геофагии среди растительноядных животных // *Докл. Российской академии наук. Науки о Земле*. 2021. Т. 499, № 1. С. 82–86.
39. Seryodkin I.V., Kostyria A.V., Goodrich J.M., Miquelle D.G., Smirnov E.N., Kerley L.L., Quigley H.B., Hornocker M.G. Denning ecology of brown bears and Asiatic black bears in the Russian Far East // *Ursus*. 2003. Vol. 14 (2). P. 153–161.
40. Seryodkin I.V., Zhakov V.V., Paczkowski J. Brown bear (*Ursus arctos*) (Carnivora, Mammalia) dens of the Kronotsky Nature Reserve // *Поволжский экологический журнал*. 2018. № 1. С. 101–105.
41. Середкин И.В. Географическая характеристика мест обустройства берлог бурым медведем на Дальнем Востоке России // *Материалы XV совещания географов Сибири и Дальнего Востока (г. Улан-Удэ, 10–13 сентября 2015 г.)*. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 452–454.
42. Осипов С.В. Динамика растительного покрова таежных и гольцовых ландшафтов в верховьях реки Бурея (дальневосточный сектор Азии) // *Сибирский экологический журнал*. 2012. № 3. С. 325–335.
43. Крылов А.Г. Жизненные формы лесных фитоценозов. Л.: Наука, 1984. 182 с.
44. Осипов С.В. Понятия «плакор» и «зональное местообитание» и их использование при выявлении зональной растительности и зональных экосистем // *Изв. РАН. Серия геогр.* 2006. № 2. С. 59–65.
45. Осипов С.В. Растительный покров природного заповедника «Буреинский» (горные таежные и гольцовые ландшафты Приамурья). Владивосток: Дальнаука, 2012. 219 с.

46. Осипов С.В. Серийная растительность участков золотодобычи в таежной зоне Нижнего Приамурья // Ботан. журн. 2006. Т. 91, № 4. С. 521–532.
47. Осипов С.В., Ивакина Е.В. Растительный покров карьерно-отвалных комплексов в дальневосточных лесостепных ландшафтах // Ботан. журн. 2016. Т. 101, № 1. С. 45–63.
48. Осипов С.В., Бисеров М.Ф. Пойменные серии растительного покрова и населения птиц в горно-таежных ландшафтах Буреинского нагорья // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. 2016. Т. 121, вып. 1. С. 43–52.
49. Осипов С.В., Бисеров М.Ф. Пирогенная динамика растительного покрова и населения птиц горно-таежного ландшафта (на материале исследований в Буреинском нагорье) // Изв. РАН. Серия биол. 2017. № 4. С. 454–464.
50. Осипов С.В., Бисеров М.Ф. Население птиц в бореальном горно-долинном ландшафте, нарушенном золотодобычей // Экология. 2017. № 1. С. 28–34.

References

1. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Grebennikova, T.A.; Belyanina, N.I.; Mokhova, L.M.; Arslanov, Kh.A.; Chernov, S.B. Landscape evolution of Kuril Islands in the Holocene. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2014, 3, 43–50. (In Russian)
2. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Grebennikova, T.A.; Belyanina, N.I.; Mokhova, L.M.; Arslanov, Kh.A.; Chernov, S.B. Holocene climatic changes and vegetation development in the Kuril Islands. *Quaternary International*. 2013, 290–291, 126–138.
3. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Arslanov, Kh.A.; Grebennikova, T.A.; Belyanina, N.I.; Mokhova, L.M. Paleoenvironments of Kuril Islands in Late Pleistocene–Holocene: climatic changes and volcanic eruption effects. *Quaternary International*. 2011, 237, 4–14.
4. Ganzei, L.A.; Razzhigaeva, N.G.; Grebennikova, T.A.; Lyashevskaya, M.S.; Il'ev, A.Ya.; Kaistrenko, V.M.; Kharlamov, A.A. Influence of natural catastrophes for development of Southern Kuril Island landscapes in Holocene. *Quaternary International*. 2011, 237, 15–23.
5. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Grebennikova, T.A.; Mokhova, L.M.; Arslanov, Kh.A.; Kopoteva, T.A.; Rybin, A.V. Development of lacustrine-boggy sedimentary environments in the ancient Rasshua Island caldera (Central Kuril Islands) in the Holocene. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2012, 31, 4, 74–86. (In Russian)
6. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Belyanina, N.I.; Grebennikova, T.A.; Arslanov, Kh.A.; Pshenichnikova, N.F.; Rybin, A.V. Role climatic and volcanogenic factors in the formation of organogenic sediments and the development of landscape on Simushir Island (Central Kurils) in the Middle-Late Holocene. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2013, 32, 3, 66–78. (In Russian)
7. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Arslanov, Kh.A.; Mokhova, L.M.; Degterev, A.V.; Ganzei, K.S.; Pshenichnikova, N.F.; Maksimov, F.E.; Starikova, A.A.; Petrov, A.Yu. Record of Late Glacial–Holocene Paleogeographical Events in Ogranogenic Deposits of Matua Island (Central Kurils). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2018, 37, 5, 48–64. (In Russian)
8. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Belyanina, N.I. First Data on Landscape Evolution in the South Kurile Islands at the Pleistocene–Holocene transition. *Doklady Earth Science*. 2010, 430(1), 108–113. (In Russian)
9. Lyashevskaya, M.S.; Grebennikova, T.A.; Razzhigaeva, N.G.; Arslanov, Kh.A.; Maksimov, F.E.; Starikova, A.A. Degradation of forest vegetation under island area variations in Holocene (the south of Lesser Kuril Ridge). *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2018, 1, 52–62. (In Russian)
10. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Grebennikova, T.A.; Belyanina, N.I.; Kuznetsov, V.Yu.; Maksimov, F.E. Last Interglacial climate changes and environments of the Lesser Kuril Arc, north-western Pacific. *Quaternary International*. 2011, 241, 1–2, 35–50.
11. Makarova, T.R., Grebennikova, T.A. Reconstructing the natural conditions of the islands of the Lesser Kuril Ridge from the composition of diatom flora of the Late Pleistocene–Holocene peat deposits. *Geography and Natural Resources*. 2015, 36(2), 124–133. (In Russian)
12. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Mokhova, L.M.; Pshenichnikova, N.F. Meadow landscapes of Southern Kurils: origin, age and developments. *Geography and Natural Resources*. 2011, 32(3), 96–104. (In Russian)
13. Korotkiy, A.M.; Razzhigaeva, N.G.; Grebennikova, T.A.; Mokhova, L.M.; Bazarova, V.B.; Sulerzhitskiy, L.D.; Lutaenko, K.A. Late Pleistocene–Holocene sedimentation and paleolandscapes of the Kurilka River basin (Iturup Island, Kuriles). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2000, 19(5), 61–77. (In Russian)
14. Lyashevskaya, M.S.; Ganzei, K.S., Environmental evolution of Iturup island in Holocene, Kurile islands. *Bulletin of Kamchatka regional association "Educational-Scientific center"*. *Earth Sci*. 2011, 1, 7, 35–45. (In Russian)
15. Razzhigaeva, N.G.; Ganzei, L.A.; Grebennikova, T.A.; Belyanina, N.I.; Ganzei, K.S.; Kaistrenko, V.M.; Arslanov, Kh.A.; Maksimov, F.E.; Rybin, A.V. Multiproxy record of late holocene climatic changes and natural hazards from paleolake deposits of Urup Island (Kuril islands). *Journal of Asian Earth Sciences*. 2019, 181, 103916.
16. Razzhigaeva, N.G.; Belyanina, N. I.; Ganzei, L.A.; Arslanov, Kh.A.; Chernov, S.B. The origin and evolution of relict larch stands on Shikotan Island (Lesser Kuril Ridge) in the Holocene. *Geography and Natural Resources*. 2013, (2), 125–131. (In Russian)

17. Anderson, P.M.; Belyanin, P.S.; Belyanina, N.I.; Lozhkin, A.B. Evolution of the vegetation cover of Peter the Great Bay western coast in the late Pleistocene-Holocene. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2017, 36(4), 99–108. (In Russian)
18. Belyanin, P.S.; Anderson, P.M.; Lozhkin, A.B.; Belyanina, N.I.; Arslanov, Kh.A.; Maksimov, F.E.; Gornov, D.A. Vegetation changes in the south of the Russian Far East in the middle and late Holocene. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*. 2019, 2, 69–84. (In Russian)
19. Razjigaeva, N.G.; Ganzey, L.A.; Lyashevskaya, M.S.; Makarova, T.R.; Kudryavtseva, E.P.; Grebennikova, T.A.; Panichev, A.M.; Arslanov, Kh.A.; Maksimov, F.E.; Petrov, A.Yu.; Malkov, S.S. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav'ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time. *Quaternary International*. 2019, 516, 127–140.
20. Bazarova, V.B.; Razzhigaeva, N.G.; Ganzey, L.A.; Kopoteva, T.A.; Mokhova, L.M.; Panichev, A.M.; Klimin, M.A. Pyrogenic events in the south of the Far East in the late Pleistocene-Holocene. *Geography and Natural Resources*. 2017, 4, 122–132. (In Russian)
21. Patin, S.A.; Morozov, N.P. Microelements in marine organisms and ecosystems. *Legkaya I pishevaya promyshlennost*: Moscow, Russia, 1981, 152 p. (In Russian)
22. Shulkin, V.M. Metals in the ecosystems of marine shallow waters. *Dal'nauka*: Vladivostok, Russia, 2004, 279 p. (In Russian)
23. Shulkin, V.M. Comparative assessment of the aerial and fluvial inputs of matter into marine ecosystems. *Geography and Natural Resources*. 2012, 2, 135–140. (In Russian)
24. Kuznetsov, V.V. White Sea and Biological Characteristics of its Flora and Fauna. *Akad. Nauk SSSR*: Moscow, Russia, 1960, 322 p. (In Russian)
25. White Sea system. Volume II. The water column and the atmosphere, cryosphere, river runoff and biosphere interacting with it. *Nauchnyi mir*: Moscow, Russia, 2012, 784 p. (In Russian)
26. Zalugin, B.S.; Kosarev, A.N. The Sea. *Mysl*: Moscow, Russia, 1999, 400 p. (In Russian)
27. Chernova, E.N.; Kozhenkova, S.I. Determination of Threshold Concentrations of Metals in Indicator Algae of Coastal Waters in the Northwest Sea of Japan. *Oceanology*. 2016, 56(3), 363–371. (In Russian)
28. Chernova, E.N. The Biogeochemical Background and Trace Metal Accumulation by Brown Algae of the Genus *Fucus* in Coastal Waters of the Sea of Japan, the Sea of Okhotsk, and the White Sea. *Russian Journal of Marine Biology*. 2016, 42(1), 60–68. (In Russian)
29. Kalita, T.L.; Skriptsova, A.V. The current state of subtidal macrophyte communities of Ussuriysky and Amursky Bays, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*. 2014, 40(6), 427–434. (In Russian)
30. Chernova, E.N.; Khristoforova, N.K.; Vyshkvartsev, D.I. Heavy metals in sea grasses and algae in the Pos'et Bay of the Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*. 2002, 6, 425–430. (In Russian)
31. Chernova, E.N. Changes in trace metal concentrations in the tissues of the White Sea mussel *Mytilus edulis* over the reproductive cycle. *Russian Journal of Marine Biology*. 2010, 36(1), 63–69. (In Russian)
32. Stockstad, D.S.; Morris, M.S.; Lory, E.C. Chemical characteristics of natural licks used by big game animals in western Montana. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*. 1953, 18, 247–257.
33. Panichev, A.M.; Seryodkin, I.V.; Zaumyslova, O.Yu.; Wach, E.A.; Stolyarova, T.A.; Sergievich, A.A.; Popov, V.K.; Chekryzhov, I.Yu.; Blokhin, M.G.; Khoroshikh, P.P. Results of geological and geochemical investigations of Kaplanov kudurs in Sikhote-Alin, Russian Far East. *Arabian Journal of Geosciences*. 2018, 11(493).
34. Panichev, A.M.; Seryodkin, I.V.; Kalinkin, Y.N.; Makarevich, R.A.; Stolyarova, T.A.; Sergievich, A.A.; Khoroshikh, P.P. Development of the “rare-earth” hypothesis to explain the reasons of geophagy in Teletskoye Lake area kudurs (Gorny Altai, Russia). *Environmental Geochemistry and Health*. 2018, 40(4), 1299–1316.
35. Panichev, A.M.; Trepet, S.A.; Chekryzhov, I.Yu.; Seryodkin, I.V.; Vakh, E.A.; Makarevich, R.A.; Eskina, T.G.; Bibina, K.V.; Stolyarova, T.A.; Mitina, E.I.; Ivanov, V.V.; Ostapenko, D.S.; Kholodov, A.S.; Golokhvast, K.S. A study of kudurs used by wild animals located on the water sources high in REE content in the Caucasus Nature Reserve. *Environmental Geochemistry and Health*. 2021, 43(1), 91–112.
36. Panichev, A.A.; Popov, V.K.; Chekryzhov, I.Yu.; Seryodkin, I.V.; Stolyarova, T.A.; Zakusin, S.V.; Sergievich, A.A.; Khoroshikh, P.P. Rare earth elements upon assessment of reasons of the geophagy in Sikhote-Alin region (Russian Federation), Africa and other world regions. *Environmental Geochemistry and Health*. 2016, 38(6), 1255–1270.
37. Panichev, A.M. Lithophagy: the causes of the phenomenon. *Priroda*. 2016, 4, 25–34. (In Russian)
38. Panichev, A.M.; Baranovskaya, N.V.; Chekryzhov, I.Yu.; Seryodkin, I.V.; Vakh, E.A.; Belyanovskaya, A.I. Rare earth elements as a causal factor of geophagy among herbivorous animals. *Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences*. 2021, 499, 1, 82–86. (In Russian)
39. Seryodkin, I.V.; Kostyria, A.V.; Goodrich, J.M.; Miquelle, D.G.; Smirnov, E.N.; Kerley, L.L.; Quigley, H.B.; Hornocker, M.G. Denning Ecology of Brown Bears and Asiatic Black Bears in the Russian Far East. *Ursus*. 2003, 14(2), 153–161.
40. Seryodkin, I.V.; Zhakov, V.V.; Paczkowski, J. Brown Bear (*Ursus Arctos*) (Carnivora, Mammalia) Dens of the Kronotsky Nature Reserve. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2018, 1, 101–105.
41. Seryodkin, I.V. Geographic Characteristics of Locations of Brown Bear Dens in the Russian Far East. In *Proceedings of the 15th Scientific Meeting of Geographers of Siberia and the Far East (Ulan-Ude, 10–13 September, 2015)*; V.B. Sochava Institute of Geography of the SB RAS: Irkutsk, Russia, 2015, 452–454. (In Russian)

42. Osipov, S.V. Vegetation dynamics of taiga and alpine landscapes in the upper part of the Bureya River basin. *Contemporary Problems of Ecology*. 2012, 5(3), 235–243.
43. Krylov, A.G. Life forms of forest phytocoenoses. Nauka: Leningrad, 1984, 182 p. (In Russian)
44. Osipov, S.V. The concepts of “plakor” and “zonal sites” and their usage for disclosing of zonal vegetation and zonal ecosystems. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2006, 2, 59–65. (In Russian)
45. Osipov, S.V. Vegetation cover of the Bureya Nature Reserve (Mountain taiga and golets (alpine) landscapes of the Amur River region). Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2012, 219 p. (In Russian)
46. Osipov, S.V. Serial vegetation of gold mining sites in the taiga zone of the lower Amur River basin. *Botanicheskiy Zhurnal*. 2006, 91(4), 521–532. (In Russian)
47. Osipov, S.V.; Ivakina, E.V. Vegetation cover of the pit-dump complexes in the Far Eastern forest-steppe landscapes. *Botanicheskiy Zhurnal*. 2016, 101(1), 45–63. (In Russian)
48. Osipov, S.V.; Biserov, M.F. Floodplain series of vegetation cover and bird population in mountain-taiga landscapes of the Bureya Mountains. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological ser.* 2016, 121(1), 43–52. (In Russian)
49. Osipov, S.V.; Biserov, M.F. Pyrogenic dynamics of vegetation cover and bird population in a mountain taiga landscape (a case study at the Bureya Mountains). *Biology Bulletin*. 2017, 44(4), 449–459.
50. Osipov, S.V.; Biserov, M.F. Population of birds in the boreal mountain-valley landscape disturbed by gold mining. *Russian Journal of Ecology*. 2017, 48(1), 45–50.

Статья поступила в редакцию 10.07.2021; одобрена после рецензирования 11.01.2022; принята к публикации 17.01.2022.

The article was submitted 10.07.2021; approved after reviewing 11.01.2022; accepted for publication 17.01.2022.