

А.П. СИЗЫХ*, **И.А. БЕЛОЗЕРЦЕВА****, **И.Б. ВОРОБЬЁВА****, **Н.В. ВЛАСОВА****, **А.И. ШЕХОВЦОВ****

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132, Россия, alexander.sizykh@gmail.com

**Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, Улан-Баторская, 1, Россия,
belozia@mail.ru, irene@irigs.irk.ru, vlasova@irigs.irk.ru, ashekhov@irigs.irk.ru

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ РЕЛИ (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)

Приводятся данные комплексного исследования (2014–2018 гг.) в бассейне р. Рели (северо-западное побережье оз. Байкал). Выявлены загрязнение и трансформация основных компонентов ландшафтов территории исследований, обусловленные природно-антропогенными факторами. Установлено загрязнение поверхностных и снеговых вод р. Рели вследствие высоких концентраций фосфатов и аммония. Почвы таежных ландшафтов обладают низкой устойчивостью к антропогенному влиянию, а почвы остепненных ландшафтов более устойчивы к изменению природной среды. В переходных природных зонах почвы иногда несут в себе признаки бывших экологических условий формирования и часто не соответствуют современной растительности. Наблюдаемое в последние десятилетия облесение экстраразональной степи свидетельствует об изменении природно-климатических условий в регионе. Следует отметить, что динамика климата, в большей степени в отношении перераспределения осадков по временам года, способствует развитию полидоминантной тайги на месте экстраразональных степей, возможно с сохранением ксерофитно-петрофитных растительных группировок на крутых эродированных склонах юго-западных экспозиций и по каменистым грядкам. Зарастание лесом территорий, занятых экстраразональной степью, следует рассматривать как проявление условий среды — рельефа, динамики температуры и влажности по периодам вегетации и годам. Главными факторами, определяющими пространственно-динамическую организацию и трансформацию растительного и почвенного покрова территории исследований и в регионе в целом, являются рельеф и климат.

Ключевые слова: почвы, растительность, трансформация, загрязнение, организация, бассейн р. Рели.

A.P. SIZYKH*, **I.A. BELOZERTSEVA****, **I.B. VOROBYEVA****, **N.V. VLASOVA****, **A.I. SHEKHOVTSOV****

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Lermontova, 132, Russia, alexander.sizykh@gmail.com

**V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk,
ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, belozia@mail.ru, irene@irigs.irk.ru, vlasova@irigs.irk.ru, ashekhov@irigs.irk.ru

SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY IN VEGETATION AND ECOLOGICAL STATUS OF LANDSCAPES WITHIN THE REL' RIVER BASIN (NORTHERN CISBAIKALIA)

Data of a comprehensive investigation (2014–2018) within the Rel' river basin (northwestern coast of Lake Baikal) are presented. Pollution and transformation of the main components of landscapes in the study area were identified, which are caused by natural and anthropogenic factors. It is established that pollution of the surface and snow waters of the Rel' is due to high concentrations of phosphates and ammonium. The soils of taiga landscapes have a low resistant to anthropogenic impact, whereas the soils of steppified landscapes have a higher degree of resistance to environmental changes. In transitional natural zones, sometimes the soils show the imprints of the precious ecological conditions for their formation, and often they do not correspond to modern vegetation. Reforestation of the extrazonal steppe as observed over the last several decades indicates change in natural and climatic conditions in the region. It should be noted that the climate dynamics, largely regarding the seasonal redistribution of precipitation, promotes the development of polydominant taiga replacing the extrazonal steppes, probably with conservation of xerophytic-petrophytic vegetation groups on southwestern steep eroded slopes and along stony ridges. Reforestation of territories occupied by extrazonal steppe should be treated as the manifestation of environmental conditions: topography and temperature and humidity dynamics in growing periods and years. Topography and climate are the main factors determining the spatial-dynamic organization and transformation of vegetation and soil cover across the study territory and in the region as a whole.

Keywords: soils, vegetation, transformation, pollution, organization, Rel' river basin.

ВВЕДЕНИЕ

Пространственная организация растительного и почвенного покрова обусловлена рельефом и климатом, они обладают характерными особенностями в горной и равнинной частях района исследования, вплетаясь во внутриландшафтные связи. На современном этапе развития и изменения характеристик территории огромное влияние имеет антропогенный фактор. Река Рель берет начало на Байкальском хребте и принимает на своем пути воды нескольких притоков, входит в число наиболее значительных водотоков в северной части оз. Байкал. Ее протяженность свыше 40 км, ширина — до 47 м, глубина — до 1 м, площадь водосборного бассейна — 579 км², среднегодовой расход воды — 13 м³/с. Приближаясь к озеру, река выходит на обширную низменность, которая ранее использовалась как пахотные угодья и пастбища. В настоящее время часть сельскохозяйственных угодий заброшена. В устье расположено с. Байкальское.

Цель работы — показать особенности экологического состояния ландшафтов в условиях контакта экстразональных степей и зональных лесов, выявить своеобразие пространственно-временной изменчивости растительности бассейна р. Рели.

Задачи исследования — дать характеристику современной структурно-динамической организации растительных сообществ, выявить особенности структуры почв и важнейшие гидрохимические показатели реки, пересекающей основные типы развитых здесь геосистем, а также оценить влияние антропогенного фактора как во времени, так и в пространстве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Территория исследования принадлежит бассейну р. Рели, расположенному на северо-западном побережье оз. Байкал. Согласно физико-географическому районированию, это район Байкало-Джугджурской горно-таежной области, Северо-Байкальской горно-таежной провинции, Предбайкальского таежного горно-плоскогорного округа [1]. Представлен горно-таежными, гольцовыми и подгольцовыми геосистемами в горной части бассейна, а в долинных комплексах и на нижних частях пологих склонов развиты лиственничники с елью и кедром кустарниковые, местами травянисто-зеленомошные [2].

По ботанико-географическому районированию верхняя часть бассейна [3] относится к Байкальскому озерному и гольцово-горно-таежному округу. Степные сообщества входят в состав зональной тайги Северного Прибайкалья, и в настоящее время их характеризуют как островные степи.

Согласно почвенно-географическому районированию Байкальского региона, бассейн р. Рели относится к котловинно-долинному Верхнеангарскому округу подзолистых, торфяных эутрофных и аллювиальных почв [4]. В таежно-лесной зоне наряду с подбурами доминируют подзолы [5].

Бассейн Рели сложен разнообразными по составу и генезису породами (вулканическими, плуто-ническими, терригенными осадочными и аллювиальными). Распространены аллювиальные почвообразующие породы, коренные представлены лейкократовыми амфибол-биотитовыми, двуслюдяными гнейсовидными гранитами. Встречаются габбро, диабазы, сланцы, песчаники, конгломераты, редкометалльные гранитоиды, разновозрастные щелочные и другие изверженные породы с повышенным содержанием фтора [6, 7]. Это зона тектонических разломов, протягивающихся в северо-восточном направлении, с которыми связаны месторождения и проявления рудной минерализации.

Бассейн Рели можно разделить на две сопоставимые по площади части — западную и восточную. Рельеф западной части имеет резко выраженные возвышенности и углубления и представлен горно-склоновыми поверхностями восточного макросклона Байкальского хребта с отметками высот от 1855 (западная точка бассейна) до 2258 м над ур. моря (южная точка). Здесь берут начало р. Рель, ее главный приток — р. Поперечная — и многочисленные мелкие притоки. Местами встречаются скальные останцы и каменные россыпи. Граница леса проходит на высоте 1000 м. Восточная часть бассейна — пологосклоновые и выровненные к оз. Байкал поверхности с отметками рельефа ниже 1000 м до уреза Байкала 456 м над ур. моря. Особенности орографического плана определяют характер распределения и направления стока, заложение речной сети, направление сноса и области аккумуляции обломочного материала. В рельефе Рель-Тыйского среднегорья отмечаются уплощения поверхности, представляющие собой остатки древней поверхности выравнивания, существовавшей в дорифтовую стадию развития рельефа. На этих фрагментах развиваются морозно-мерзлотные и морозно-солифлюкционные процессы, широко представлены нагорные террасы, солифлюкционные бугры и натеки [8].

Островное распространение многолетнемерзлых пород чередуется с подрусловыми и пойменными таликами. Верховье реки расположено на границе сплошного и прерывистого распространения многолетней мерзлоты, отсутствующей на южных склонах и предгорных шлейфах с конусами выноса. По таликам тектонических разломов может происходить миграция талых трещинно-жильных вод в поверхностные водотоки [7, 9].

Климат территории исследования резко континентальный и определяется горным обрамлением и акваторий оз. Байкал. Холодный период года наступает в первой декаде октября на Байкальском хребте, а на равнинной части бассейна — к середине месяца. Согласно многолетним наблюдениям, средняя температура января составляет $-22\div-26$ °С, июля — $14-18$ °С. По метеоданным за 1961–2008 г., средняя годовая температура воздуха Байкальской природной территории увеличилась на $0,24-0,52$ °С, а степень континентальности климата снизилась за счет уменьшения годовых амплитуд температуры, что связано с положительным трендом минимальных температур. Максимальные положительные тенденции средних годовых температур отмечаются в феврале (увеличение на $0,62-1,94$ °С за 10 лет) [9]. Наибольшее количество осадков фиксируется на водоразделах ($350-500$ мм/год), минимальное — в долинах (менее 350 мм/год).

Объектом исследований стали растительные сообщества, поверхностные воды, почвенный и снежный покров в границах контакта экстразональной степи и полидоминантной темнохвойно-светлохвойной тайги. В 2014–2018 гг. в ходе почвенно-геоботанических и ландшафтно-геохимических исследований было отобрано более 100 образцов почв, свыше 50 образцов поверхностных вод в весенне-зимний, летний и осенний периоды.

В работе использовались такие методы, как полевая геоботаническая съемка в комплексе с дешифрированием среднemasштабных космических снимков разных лет и составлением картосхем пространственной изменчивости растительности во времени и пространстве; закладка совмещенных почвенно-геоботанических профилей (в м-бе 1:100 000); ландшафтно-геохимический, сравнительно-аналитический, профилно-генетический и статистический анализ полученных материалов по почвам и снежному покрову. Аналитические работы проводились в Институте географии СО РАН в лабораторных условиях по стандартизованным методикам на современном аналитическом оборудовании. Величину pH, содержание фторидов, хлоридов, гидрокарбонатов, фосфатов, аммония, нитритов, взвешенных веществ в воде определяли в полевых условиях с помощью полевой комплексной химической лаборатории с дополнительным оборудованием (pH-метр, фотоколориметр и др.) в день отбора проб по стандартным общепринятым методикам с учетом требований ГОСТов [10]. Содержание металлов установлено количественным атомно-эмиссионным спектральным методом с использованием прибора Optima 2000DV, концентрация нефтепродуктов — на флюорате. Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в почвах определено методом мокрого сжигания по Тюрину [11], гранулометрический состав — методом пипетки с диспергацией пирофосфатом натрия по Качинскому [12, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенных исследований в бассейне р. Рели были выявлены современные структурно-динамические особенности растительных сообществ различных типов мест обитания.

Полевое дешифрирование космических снимков разных лет съемки позволило составить картосхемы пространственно-временной изменчивости растительных сообществ района исследований с выявлением современных тенденций формирования растительности северо-западного побережья оз. Байкал. За последние десятилетия отмечается постепенное облесение территорий, занятых степными (экстразональными) сообществами нижнего течения р. Рели и побережья озера (рис. 1). Картосхемы составлены на основе полевого дешифрирования среднemasштабных космических снимков разных лет съемки и обобщенных геоботанических описаний по вегетационным периодам.

На склонах южных экспозиций в настоящее время формируются листовничники остепненные разнотравные с присутствием спиреи (*Spiraea media* Franz Schmidt), рододендрона даурского (*Rhododendron dauricum* L.), а также синузий мхов, таких как дикранум многоножковый (*Dicranum polysetum* Sw.), аулокомниум болотный (*Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr.), ритидиум морщинистый (*Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb.), абиединелла пихтовидная (*Abietinella abietina* (Turn.) Fleisch.), гилокомиум блестящий (*Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G.), политрихум можжевелевидный (*Polytrichum juniperinum* Hedw.), плевроциум Шребера (*Pleurosium schreberii* (Brid.) Mitt.), птилиум гребенчатый (*Ptilium crista-castrensis* (Hedsw.) De Not), характерных для напочвенного покрова темнохвойной тайги. Древостой в большей степени одноярусный с присутствием подроста лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.) и редко — кедра (*Pinus sibirica* Du Tour).

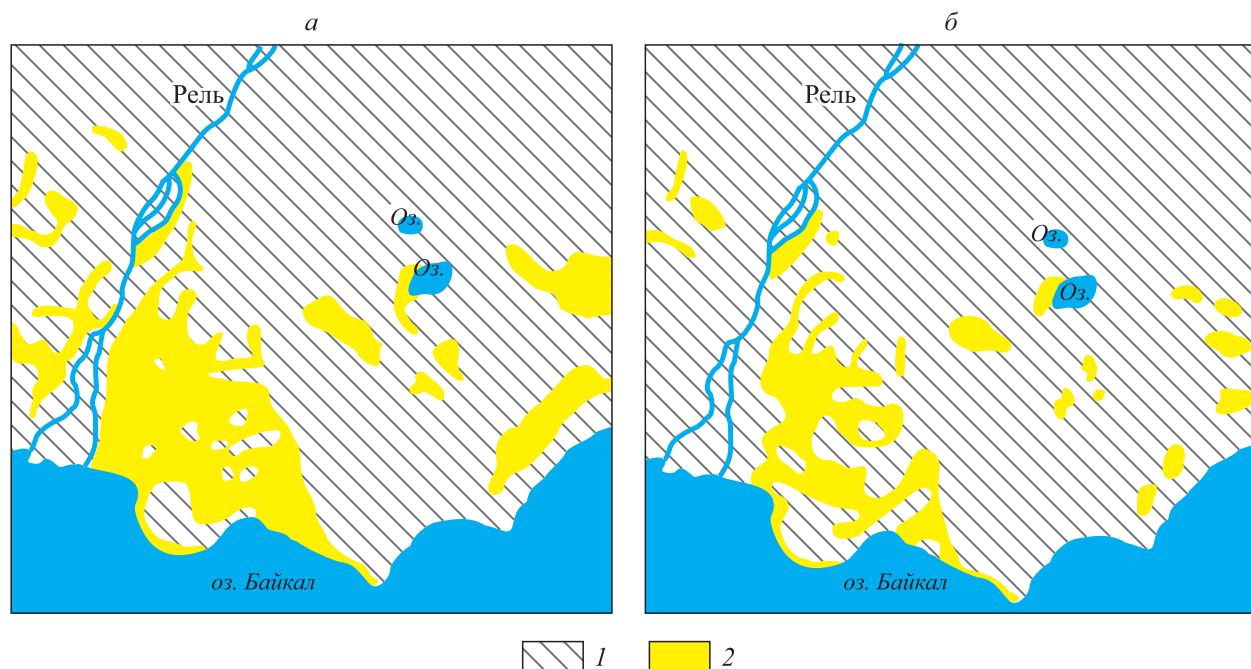


Рис. 1. Картограммы (м-б 1:100 000) пространственно-временной изменчивости растительности прибрежной части бассейна р. Рели по состоянию на 1974 г. (а) и 2014 г. (б).

Сообщества: 1 — леса лиственнично-сосновые и лиственничные с участием кедра с подростом сосны и лиственницы (в подросте присутствует кедр), часто с подростом, состоящим из спиреи средней, рододендрона даурского, на склонах юго-западных экспозиций остепненные (осока стоповидная, астра альпийская, лук тончайший, вероника седая, лапчатка бесстебельная, полынь холодная) сообщества (подрост сосны и лиственницы выходит за пределы полога древостоя); 2 — степные разнотравно (полынь холодная, полынь рассеченная, лапчатка бесстебельная, осока стоповидная, осока твердоватая, астра альпийская, лук тончайший, вероника седая)-злаковые (овсяница ленская) сообщества с присутствием в их составе древесных пород — сосны и лиственницы разного возрастного состава (формируются по склонам разной экспозиции и по межсклоновым понижениям).

Травянистые (степные) сообщества в основном развиты по межсклоновым распадкам, шлейфам склонов разных экспозиций и представлены такими видами, как полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.), полынь рассеченная (*A. laciniata* Willd.), лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis* L.), осока твердоватая (*Carex duriuscula* C.A. Meyer), осока стоповидная (*C. pediformis* C.A. Meyer), астра альпийская (*Aster alpines* L.), лук тончайший (*Allium tenuissimum* L.), вероника седая (*Veronica incana* L.) и др. В составе таких сообществ отмечен подрост лиственницы, часто выходящий за пределы древесного полога, особенно на теневых склонах.

В условиях контакта лесов и экстразональных степей (степоидов) как специфики природных условий формируются сообщества, основу которых составляют виды растений определенной экологии, что подтверждается проводимыми ранее исследованиями на территории побережья Байкала, Прибайкалья и Забайкалья [7, 14–20]. Выделение типов геоэлемента (типы ареалов) и определение экотипологического состава растений основывается на принципах, изложенных в работах Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой [18], М.О. Бурляевой [19], В.Н. Моложникова [20], А.В. Белова и др. [7], Е.В. Вульфа [21, 22], В.В. Алёхина [23], А.В. Куминовой [24]. На долю ведущих семейств: астровых (Asteraceae), мятликовых (Poaceae), осоковых (Cyperaceae), бобовых (Fabaceae), сельдерейных (Apiaceae), капустных (Brassicaceae), лютиковых (Ranunculaceae) и гвоздичных (Caryophyllaceae) — приходится наибольшее количество видов растений, отмеченных в геоботанических описаниях разных лет и вегетационных периодов для района исследований. Набор ведущих семейств характерен для растительного покрова бореального пояса и схож с семейственным спектром растительности Восточной Сибири [25–27] в целом. Вся голарктическая область характеризуется ведущим положением таких семейств, как астровые и мятликовые. Растительность бореального пояса отличается доминированием осоковых и значительным присутствием лютиковых. Континентальные черты растительного покрова проявляются в ведущей роли семейств капустных, розоцветных и бобовых [18]. Семейственный

Таблица 1

Ареалогический (геоэлементный) состав видов растений в сообществах бассейна р. Рели (северо-западное побережье оз. Байкал) (2014 г.)

Видовой состав растений в сообществах	Ареалогический (геоэлементный) состав растений в сообществах	Видовой состав растений в сообществах	Ареалогический (геоэлементный) состав растений в сообществах
Лиственница сибирская	ЕС	Лапчатка вильчатая	ЕС
Кедр	ЕС	Осока стоповидная	ЕА
Сосна обыкновенная	ЕА	Полынь холодная	КЦ(ГА)
Спирея средняя	ЕА	Овсяница ленская	СВ
Подмаренник настоящий	КЦ(ГА)	Полынь рассеченная	СА
Вероника седая	СВ	Лапчатка бесстебельная	ОА
Полынь Гмелина	СА		
Лук тончайший	ЮС		
Астра альпийская	ОА		
Рододендрон даурский	МД		

Примечание. Ареалы (геоэлементы): ЕС – евросибирский, ЕА – евразийский, КЦ(ГА) – голарктический (бореальный голарктический), СВ – северо-восточноазиатский, СА – североазиатский, ЮС – южносибирский, ОА – общеазиатский, МД – маньчжуро-даурский.

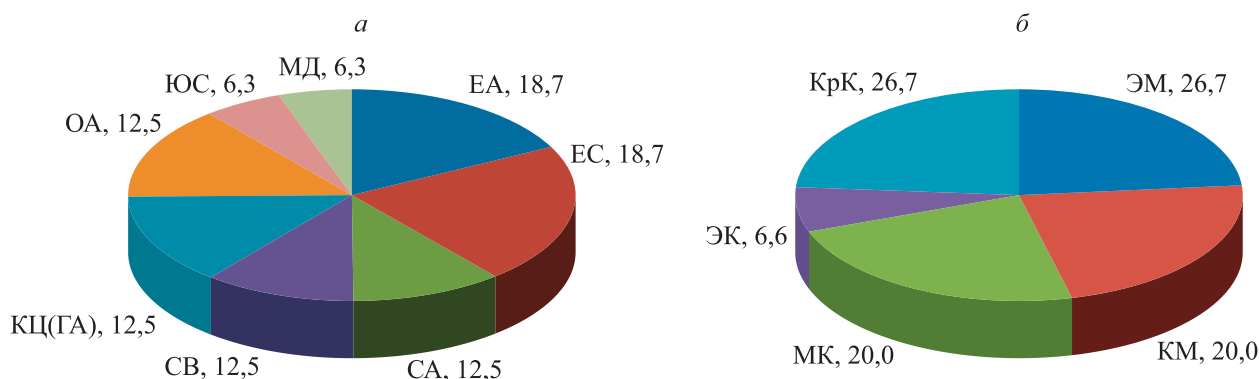


Рис. 2. Соотношение видов растений района исследований по ареалогическому (геоэлементному) составу (а) и по составу экологических групп, % (б).

Усл. обозн. — см. табл. 1 и 2.

спектр свойственен растительности Байкальского региона (зона тайги), включая и бассейн р. Рели. Состав родов показывает бореальный характер растительности, но в большей степени отражает провинциальные особенности сообществ контакта тайги и экстразональных степей Байкальского региона. Из всего видового состава растений в сообществах к лесостепной поясно-зональной группе относится менее 10 % от общего состава видов. Отсюда следует, что в районе исследований нет выраженной поясной структуры и поэтому характеризовать сообщества в условиях контакта тайги и экстразональных степей как горно-лесостепной пояс не вполне корректно. С использованием принципов классификации видов растений по отношению к среде был проанализирован видовой состав сообществ территории.

Геоэлементный и экотипологический (экотипы) анализ видового состава выявил, что их основу образуют виды евросибирского, северо-восточноазиатского, голарктического и евроазиатского геоэлементов (табл. 1, рис. 2, а) с преобладанием растений-мезофитов (табл. 2, см. рис. 2, б). В табл. 1 и 2 приведены виды растений, составляющих основу сообществ, такие как лиственница сибирская, кедр, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), рододендрон даурский, спирея, подмаренник северный (*Galium boreale* L.), полынь Гмелина (*Artemisia gmelinii* Web.ex Scephm.), овсяница ленская (*Festuca lenensis* Drobov), астра альпийская.

Основу растительных сообществ составляют виды, характерные для светлохвойно-лесной поясно-зональной группы растений. К собственно степной (и лесостепной) относится небольшая группа

Экологические группы растений бассейна р. Рели (северо-западное побережье оз. Байкал) (2014 г.)

Видовой состав растений в сообществах	Экотипологический состав видов растений в сообществах	Видовой состав растений в сообществах	Экотипологический состав видов растений в сообществах
Лиственница сибирская	ЭМ	Рододендрон даурский	ЭМ
Кедр	ЭМ		
Подмаренник настоящий	ЭМ		
Сосна обыкновенная	КМ	Лук тончайший	КМ
Лапчатка вильчатая	КМ		
Полынь расщепленная	МК	Вероника седая	МК
Осока стоповидная	МК		
Лапчатка бесстебельная	ЭК		
Полынь Гмелина	КрК	Полынь холодная	КрК
Астра альпийская	КрК	Овсяница ленская	КрК

Примечание. Экотипы: ЭМ – собственно мезофиты, КМ – ксеромезофиты, МК – мезоксерофиты, ЭК – собственно ксерофиты, КрК – криоксерофиты.

(в процентном соотношении), что не позволяет говорить о формировании здесь зоны степей (или лесостепи), или же они образуют выраженный пояс в условиях высотной поясности. Довольно часто (особенно в сообществах на склонах северо-западных экспозиций) встречаются в составе сообществ мхи, характерные для полидоминантных темнохвойно-светлохвойных лесов. Это такие виды, как плевроциум Шребера, аулокомниум болотный, политрихум можжевельниковидный, ритидиум морщинистый, политрихум близкий, птилиум гребенчатый и абиединелла пихтовидная, что также свидетельствует о перманентности существования здесь степных сообществ.

Степные сообщества района исследований, имеющие экстразональную природу, длительное время (особенно в 1960–1980-е гг.) выступали местом выпаса скота. Однако в последние 10–20 лет антропогенный пресс резко снизился, и на фоне изменения климата [7, 9] началось формирование сообществ с присутствием древесных пород. О том, что в последние десятилетия повсеместно в районе исследования происходят структурные изменения в составе сообществ, свидетельствует тенденция к усилению позиций темнохвойных пород (кедра) в сложении светлохвойной тайги в комплексе с облесением степных участков.

Следует отметить, что динамика климата региона выражается в перераспределении осадков по временам года и способствует развитию полидоминантной тайги на месте экстразональных степей, возможно с сохранением ксерофитно-петрофитных растительных группировок на крутых эродированных склонах юго-западных экспозиций и каменистых грядках. Сдерживающим фактором этих процессов на данной территории следует рассматривать возможное усиление антропогенного пресса — выпас скота, сенокосение, выжигание и рубка древостоя в условиях контакта лесов и экстразональных степных сообществ.

Почвенно-геоботаническое профилирование (в м-бе 1:100 000) дало возможность определить характер связей структуры растительных сообществ с типологическим составом почвенного покрова района исследований, где на одних и тех же почвах формируются и степные, и лесные сообщества (рис. 3). Масштаб съемки позволил провести границу контакта типов почв, но не дал возможности показать характер перехода одного типа в другой на уровне почвенных и растительных синузид с учетом орографии. Площадь степных разнотравно-злаковых сообществ с присутствием в их составе древесных пород — сосны обыкновенной и лиственницы сибирской — с 1974 по 2014 г. уменьшилась на 55–60 % (см. рис. 1).

Исследование почвенного покрова показало, что на слабовыраженную широтную (горизонтальную) зональность почв накладывается вертикальная (горная), которая определяет формирование и пространственное распределение почв. По данным полевых исследований, почвенный покров бассейна р. Рели представлен торфяно- и дерново-подзолистыми, дерново-подзолами, дерново-подбурами, карболитоземами, перегнойно-темногумусовыми, агрочерноземовидными, черноземовидными, торфяно-глебеземами, торфяно-криоземами, аллювиальными торфяно-глеевыми, аллювиальными торфянисто-перегнойными, гумусовыми, темногумусовыми и слоисто-аллювиальными почвами.

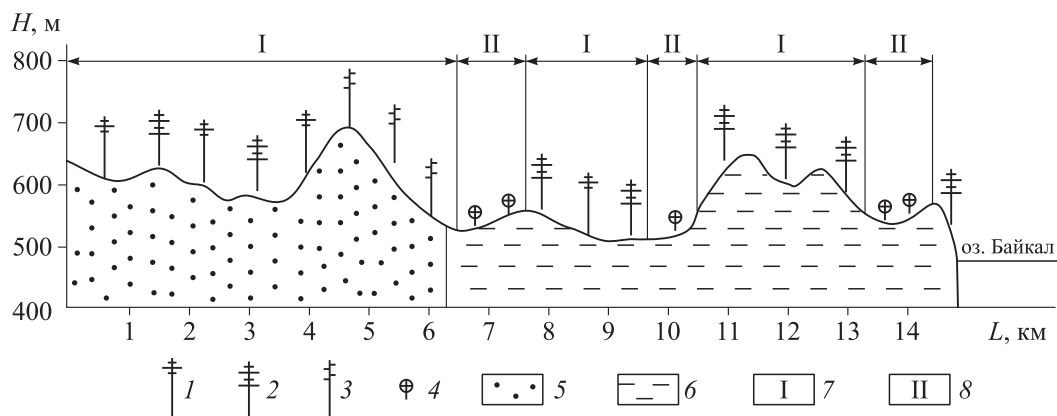


Рис. 3. Почвенно-геоботанический профиль прибрежной части бассейна р. Рели (северо-западное побережье оз. Байкал, м-б съемки 1:100 000).

1 — сосна, 2 — кедр, 3 — лиственница, 4 — разнотравье. Почвы: 5 — дерново-подбуры и дерново-подзолы, 6 — подбуры и карболитоземы темногумусовые. Растительные сообщества: 7 — сосновые с участием лиственницы и кедра (в подросте) остепненные леса, 8 — злаково-разнотравные с присутствием сосны растительные сообщества.

На почвенной карте Бурятии (1980 г.) северное побережье Байкала, по классификации 1970 г., представлено пойменными дерновыми, заболоченными и болотными (мерзлотными), глеевыми торфяно-перегнойными таежными мерзлотными, подзолами иллювиально-гумусово-железистыми, подзолистыми, дерново-подзолистыми, подбурами темными и светлыми (охристыми), черноземами выщелоченными (мучнисто-карбонатными и бескарбонатными) почвами, что согласуется с полевыми исследованиями [28]. В межгорных котловинах формируются черноземовидные почвы, а в речных долинах развиты аллювиальные перегнойно-глеевые, торфяно-глеевые и темногумусовые. В переходных природных зонах почвы трудно диагностируются, так как часто несут в себе следы бывших ландшафтов и не соответствуют современной растительности. Верхние горизонты некоторых остепненных участков задернованы, имеют высокое содержание гумуса, что соответствует условиям формирования под пологом леса, который здесь был ранее. В профиле переходных зон под степной растительностью иногда наблюдаются фрагменты альфегумусового горизонта, который образовался под лесом, фиксируются остатки древесного угля, что говорит о прошедших пожарах высокой категории. В связи с потеплением климата восстановление лесной растительности затрудняется. На более поздней почвенной карте Бурятии (2012 г.) на территории исследования выделены подбуры, дерново-подбуры, подзолы, дерново-подзолы глеевые, торфяные эутрофные и аллювиальные почвы [29].

В соответствии с классификацией 2004 г., для регионов с особыми природными условиями характерны экологические ниши типов почв, отражающие своеобразие процессов почвообразования с формированием криоаридных почв на каменисто-мелкоземистых, супесчаных и песчаных субстратах в окружении горных систем таежной зоны северо-западного Прибайкалья, которые являются экстразональными для территории исследования [30, 31].

На современном этапе развития геосистем бассейна р. Рели было выявлено, что эволюция почв часто не успевает за изменениями окружающей среды, так как долгое время сохраняет в себе признаки бывших условий ее формирования. На территории бассейна не нашли своего полного развития черноземы (почвы зональной лесостепи и степи), здесь формировались черноземовидные почвы, что обусловлено повышенной сухостью климата в прибрежных частях Прибайкалья. Этим объясняется образование экстразональных степных сообществ, отражающих парагенез в структуре растительности, где на одних и тех же почвах развиты и лесные, и степные сообщества. Это характерно и для других участков Прибайкалья — Приольхонья, центральной части западного побережья оз. Байкал, Тункинской и Баргузинской котловин.

Почвы бассейна р. Рели характеризуются нейтральной и кислой реакцией среды под лесом и заболоченным лугом, щелочной и слабощелочной — под степью, а их верхние горизонты показывают нейтральную реакцию (табл. 3). В одном из разрезов торфяно-подзолистой почвы верхний горизонт имеет нейтральную реакцию, что может быть результатом как недавно прошедших пожаров, так и литологической неоднородности пород. В присклоновой поверхности и на конусах выноса на терра-

Таблица 3
Химико-физические свойства почв бассейна р. Рели (северо-западное побережье оз. Байкал) (2018 г.)

Местоположение	Почва	Горизонт, глубина, см	pH	C _{орг} , %	Гранулометрический состав						Содержание физической глины, <0,01	Название по гран. составу
					1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001		
Село Байкальское, устье р. Рели	Торфяно-глеезем	T, 0–12	5,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		Cg, 12–20	5,3	0,6	20,1	41,2	13,6	12,8	11,6	–	38,0	Суглинок средний
Долина р. Рели	Дерново-подзолистая	O, 0–3	6,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		AУ, 4–6	5,0	3,4	69,9	16,4	3,2	1,6	7,6	–	12,4	Супесь
		EL, 6–10	5,5	1,7	64,5	20,4	4,0	0,8	8,8	–	13,6	»
		BF, 10–19	5,7	1,3	40,9	11,6	6,0	2,8	11,2	–	20,0	Суглинок легких
Предгорная поверхность к оз. Байкал, долина р. Рели	Агрочерноземовидная	PU, 0–19	7,1	3,1	35,2	24,0	8,8	8,8	17,6	35,2	Суглинок средний	
		AUB, 19–24	7,3	2,1	35,5	23,2	9,6	7,2	20,0	36,8	»	
		Cca, 25–	8,9	1,0	38,1	33,6	17,2	0,8	16,8	34,8	»	
Предгорная поверхность к оз. Байкал, долина р. Рели	Черноземовидная	AУ, 0–20	7,4	3,6	36,5	22,4	9,6	8,0	16,8	34,4	»	
		B, 30–40	7,9	0,8	37,6	23,2	6,8	9,2	16,4	32,4	»	
		C, 90–100	8,4	0,8	38,9	17,2	6,0	10,0	19,6	35,6	»	
Побережье оз. Байкал, устье р. Рели	Торфяно-подзолистая	TEL 5–10	7,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		C, 15–	6,3	0,7	66,9	10,8	3,6	3,6	8,0	15,2	Супесь	

Примечание. Прочерк – свойства не определяются (в торфянистых горизонтах).

Таблица 4

Содержание макро- и микроэлементов в почвах северо-западного побережья оз. Байкал (2018 г.)

Местоположение	Почва	Горизонт, глубина	Элемент														Нефте-продукты						
			%		мг/кг																		
			Fe	Al	Sa	Mg	K	Na	Ti	Mn	Ba	Pb	Ni	Cu	Be	V		Cr	Zn	Sr	Co	Mo	Cd
Село Байкальское, устье р. Рели	Торфяно-глеезем	T, 0–12	1,3	0,6	0,4	0,2	1592	292	752	286	20	13	0,6	7	1,3	10	9	49	17	5	0,16	0,2	11
		Cg, 12–20	1,5	0,7	0,5	0,2	1374	479	1287	214	13	9	0,9	6	1,1	18	15	34	19	7	0,04	0,2	8
Долина р. Рели	Дерново-подзолистая	O, 0–3	0,1	0,1	0,7	0,2	1350	195	58	581	23	1	0,1	4	0,1	1	1	57	23	1	1,23	0,3	–
		AУ, 4–6	1,4	0,8	0,5	0,4	1922	371	1076	249	18	5	1,0	7	0,9	19	18	45	22	8	1,09	0,1	4
		EL, 6–10	1,6	1,0	0,6	0,4	1745	412	958	300	22	8	1,2	9	1,1	21	21	50	28	8	1,27	0,1	4
		BF, 10–19	1,5	0,9	0,6	0,4	1625	445	1105	288	19	8	1,0	6	1,0	21	18	45	30	8	0,30	0,2	3
Предгорная поверхность к оз. Байкал, долина р. Рели	Агрочерноземовидная	PU, 0–19	1,7	1,8	0,5	0,5	3470	289	1033	548	46	9	2,0	15	1,1	37	32	58	35	11	0,00	0,2	2
		AUB, 19–24	1,8	2,0	0,7	0,7	3542	877	1259	483	52	10	2,5	17	1,3	44	38	59	49	13	0,30	0,2	2
		Cca, 25–	1,6	1,7	2,4	0,8	2880	1275	1240	380	48	8	2,6	19	1,0	38	32	47	89	11	0,18	0,2	2
Предгорная поверхность к оз. Байкал, долина р. Рели	Черноземовидная	AУ, 0–20	1,7	1,8	0,6	0,5	3032	241	975	638	66	10	2,2	16	1,0	32	31	66	37	11	0,25	0,2	3
		B, 30–40	1,8	2,0	0,6	0,6	2600	261	1127	414	43	8	3,0	20	1,2	44	37	52	37	13	0,00	0,2	3
		C, 90–100	1,7	2,0	2,0	0,8	3162	657	1148	403	44	10	2,7	17	1,2	40	33	53	82	12	0,29	0,2	2
Побережье оз. Байкал, устье р. Рели	Торфяно-подзолистая	TEL, 5–10	0,5	0,3	3,2	0,3	675	1103	269	167	11	5	0,4	10	0,4	3	4	8	55	3	4,70	0,3	19
		C, 15–	1,1	0,7	0,5	0,2	1082	294	1213	140	11	7	0,6	5	0,9	18	9	23	23	7	0,57	0,1	18
ОДК [32]			–	–	–	–	–	–	–	–	–	80–	132–	–	–	–	220–	–	–	–	–	0,5–	1000
												65	40	66			110					1,0	
ПДК [32]			–	–	–	–	–	–	1500	–	32	44	51	–	–	114	100	91	265	17	–	–	–
Фон Прибайкалья [6]			–	–	1,8	1,9	1400	–	1200	–	10	43	46	3,0	114	98	91	208	17	–	–	–	–

Примечание. Прочерк – содержание не определено (не утверждено, или ПДК и ОДК отсутствуют).

Таблица 5

Среднее содержание макро- и микроэлементов в снеговых и поверхностных водах р. Рели и оз. Байкал (2015–2018 гг.)

Местоположение	Элемент, мг/дм ³																
	Mo	Mn	Ba	Al	Pb	Ni	Cu	Be	V	Cr	Fe	Si	Zn	Sr	Ti	Co	Cd
	Поверхностные воды																
Байкал, с. Байкальское (n = 5)	0,006	0,004	0,062	0,010	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,005	2,17	0,000	0,065	0,000	0,000	0,000
Рель, с. Байкальское (n = 3)	0,005	0,003	0,096	0,013	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,003	1,78	0,001	0,018	0,000	0,000	0,000
Прибрежные воды оз. Байкал (n = 5)	0,000	0,003	0,116	0,019	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	2,32	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000
Байкал, фон в Северной котловине (n = 42)	0,002	0,002	0,015	0,020	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	1,39	0,001	0,046	0,001	0,001	0,000
	Снеговая вода																
Байкал, с. Байкальское (n = 5)	0,005	0,000	0,013	0,021	0,001	0,000	0,001	0,000	0,005	0,001	0,000	0,312	0,002	0,118	0,001	0,007	0,000
Рель, с. Байкальское (n = 3)	0,007	0,022	0,008	0,001	0,004	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,006	0,001	0,011	0,005	0,000	0,000	0,000
Побережье оз. Байкал (n = 5)	0,001	0,016	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,000	0,005	0,001	0,005	0,006	0,000	0,001	0,000
Фон в Северной котловине (n = 51)	0,004	0,005	0,003	0,007	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,005	0,002	0,004	0,009	0,001	0,001	0,001
ПДК, ОДК [34, 35]	0,25	0,1	0,7	0,4	0,01–0,001	0,02	1,0	0,002	–	0,05	0,3	10	5,0–1,0	7	–	0,1	0,001–0,005

Примечание. Здесь и в табл. 6: n – количество проб; прочерк – содержание не определено (не утверждено).

Таблица 6

Среднее содержание основных ионов в снеговых и поверхностных водах р. Рели и оз. Байкал (2015–2018 гг.)

Место отбора образцов воды	pH	Анионы										Катионы					Взвешенное вещество, г/дм ³	Минерализация, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
		F ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺						
		Поверхностные воды																	
Байкал, с. Байкальское (n = 5)	8,35	0,528	46,1	1,20	20,0	0,04	1,00	0,009	15,06	3,10	1,44	3,42	0,05	0,041	81,15	0,005			
Рель, с. Байкальское (n = 3)	7,15	0,709	9,2	0,16	9,0	0,00	0,10	0,023	3,27	0,69	0,54	0,88	0,05	0,042	35,42	0,004			
Прибрежные воды оз. Байкал (n = 5)	7,64	0,091	43,2	0,18	1,0	0,00	0,70	0,010	14,56	3,62	0,69	1,90	0,04	0,035	65,99	0,006			
Байкал, фон в Северной котловине (n = 42) [6]	7,47	0,091	39,99	0,20	5,55	0,02	0,00	0,001	12,12	2,59	1,26	2,31	0,01	0,006	63,94	0,005			
		Снеговая вода																	
Байкал, с. Байкальское (n = 5)	6,83	0,020	9,02	1,78	1,9	0,03	0,45	0,010	1,20	0,27	0,18	0,01	0,440	0,025	15,31	0,032			
Рель, с. Байкальское (n = 3)	7,17	0,035	12,65	2,43	0,1	0,01	0,00	0,001	1,21	0,27	0,24	0,01	0,015	0,025	16,97	0,044			
Побережье оз. Байкал (n = 5)	7,07	0,034	12,60	2,45	4,7	0,02	0,10	0,003	1,45	0,27	0,24	0,01	0,015	0,025	21,89	0,044			
Фон в Северной котловине (n = 51)	6,16	0,040	2,95	2,58	0,2	0,02	0,09	0,001	1,07	0,23	0,18	0,267	0,046	0,036	9,11	0,030			
ПДК, ОДК [34, 35]	0,7–1,5	–	350	500	–	130	0,001	180	50	40–50	40–50	120–200	0,4	–	–	–	0,05		

сах наблюдается накопление верхних слоев пород вследствие механического сноса мелкозема. Содержание органического углерода среднее и выше среднего. В верхних горизонтах всех природных зон отмечается накопление слаборазложившихся органических остатков. По гранулометрическому составу почвы под степью и заболоченным лугом в основном среднесуглинистые, а под пологом леса — легкосуглинистые. При загрязнении почвенный покров может захватывать существенную часть тяжелых металлов на детритном, органогенном, щелочном и сорбционном геохимических барьерах. Устойчивость почв остепненных участков к загрязнению средняя и выше среднего, а под лесом низкая. Имеется запас для накопления токсикантов до уровня ПДК из-за низкого природного содержания макро- и микроэлементов.

В результате проведенных исследований выявлено, что почвы в устье и долине р. Рели не загрязнены тяжелыми металлами. Концентрации макро- и микроэлементов в почвах не превышают санитарно-гигиенические нормы (табл. 4). Содержание большинства исследуемых химических элементов и веществ в почвах ниже уровня регионального фона Прибайкалья [6]. Исключение составили черноземовидные почвы на карбонатных породах с более высокими концентрациями щелочноземельных элементов.

Воды р. Рели отражают современное состояние геосистем территории, что проявляется в гидрохимических характеристиках реки. Повышенное содержание в ее водах фосфатов и фтора сказывается на показателях прибрежных вод оз. Байкал. По данным [33], содержание фосфата и фтора близко к 0,01 мг/л. Фосфаты поступают в воду с бытовыми стоками и моющими средствами, что приводит к эвтрофированию водных объектов. Поступление аммония в поверхностные воды обусловлено диффузной фильтрацией из индивидуальных септиков. Концентрации тяжелых металлов в поверхностных и снеговых водах р. Рели и оз. Байкал не превышают санитарно-гигиенические нормы (табл. 5). Установлено загрязнение снега в устье р. Рели (и в с. Байкальском) аммонием и фосфатами (табл. 6) на уровне и выше ПДК [36].

Таким образом, выявлено загрязнение поверхностных и снеговых вод р. Рели и прибрежных вод оз. Байкал, а источниками загрязнения фосфатами и аммонием служат объекты рекреационной зоны и сельского поселения. Повышенные концентрации фтора в воде р. Рели объясняются химическим составом почвообразующих пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение пространственно-динамической организации растительности района исследований позволило выявить современные структурно-динамические особенности растительных сообществ разных типов мест обитания. Установлено, что облесение экстрараональных степей (парагенез в растительности контакта сред Байкальского региона) этого района Прибайкалья следует рассматривать как проявление условий среды (орографии рельефа, динамики температуры и влажности по периодам вегетации и годам) конкретной территории за определенный период времени.

Это подтверждается и результатами анализа взаимоотношений между тайгой и экстрараональными (островными) степями центральной части западного побережья Байкала (Приольхонье), между степями котловинного типа и светлохвойными лесами Тункинской и Баргузинской котловин. Облесение экстрараональных степных территорий свидетельствует об изменении природно-климатических условий, когда степные участки территориально «сжимаются» на некоторый период при определенных сценариях динамики климата (динамика температуры, увеличение количества осадков в позднелетний и осенний периоды вегетации). Данный процесс в последние десятилетия имеет региональный масштаб. Здесь уместно отметить высказывание М.Г. Попова [37], что лес того или иного вида, состава или строения обязательно рано или поздно покрывает любые степные пространства, хотя бы парковыми насаждениями, но с сохранением небольших степных островков из-за повышения сухости климата в начале столетия. Это имеет региональный масштаб в последние десятилетия. Возможно и их территориальное «расширение» при другом сценарии изменений климатической обстановки.

В результате проведенных исследований выявлено, что на одних и тех же типах почв формируются и степные, и лесные сообщества, что обуславливает специфику физико-географических условий изучаемой территории. По данным ландшафтно-геохимических и почвенно-географических исследований, отмечается трансформация основных компонентов ландшафтов северо-западного побережья оз. Байкал, что характерно для зоны контакта (в данном случае) лесов и экстрараональной степи.

Почвы таежных ландшафтов обладают низкой устойчивостью к антропогенному влиянию, а для почв остепненных участков характерен больший предел устойчивости к изменению природной среды. Почвенный покров переходных природных территорий несет в себе признаки былых условий формирования и не всегда соответствует современной растительности.

Выявлены загрязнение и трансформация основных компонентов ландшафтов бассейна р. Рели и северо-западного побережья оз. Байкал, связанные с природными и антропогенными процессами. Обнаружено загрязнение поверхностных и снеговых вод р. Рели, прибрежных вод оз. Байкал. Источниками загрязнения поверхностных и снеговых вод фосфатами и аммонием являются объекты рекреационного и жилищно-коммунального хозяйств, так как система канализации населенных пунктов не может предотвратить поступление загрязняющих веществ в окружающую среду. Повышенное содержание фтора в воде р. Рели обусловлено химическим составом почвообразующих пород.

Работа выполнена в рамках государственного задания (АААА-А17-117041910196-4, АААА-А19-119080700040-8, АААА-А17-117041910172-4, АААА-А17-107011810037-4) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18-45-030039 р_а, 17-29-05074 офи_м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Карта** растительности юга Восточной Сибири. М-б 1:1 500 000 / Под ред. В.Б. Сочавы. — М.: ГУГК, 1972. — 4 л.
2. **Михеев В.С., Ряшин В.А.** Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта м-ба 1:1 500 000. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.
3. **Байкал.** Атлас / Гл. ред. Г.И. Галазий. — М.: ГУК, 1993. — 160 с.
4. **Белозерцева И.А., Сороковой А.А.** Почвенно-экологическое районирование Байкальского региона (включая территорию Монголии) // Геодезия и картография. — 2018. — № 10. — С. 54–64.
5. **Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Белозерцева И.А., Гынинова А.Б., Сороковой А.А., Убугунов В.Л.** Почвы бассейна оз. Байкал: итоги исследования за 1980–2017 годы // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 4. — С. 76–87.
6. **Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С.** Геохимия окружающей среды Прибайкалья. Байкальский геоэкологический полигон. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2008. — 234 с.
7. **Экологический атлас** бассейна озера Байкал [Электронный ресурс]. — <http://bic.iwlearn.org> (дата обращения 20.11.2019).
8. **Резанов И.Н., Резанова В.П.** Геоморфологическое строение побережья озера Байкал // Байкал: природа и люди. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2009 [Электронный ресурс]. — http://baikalfund.ru/baikal/geography/nature/index.wbp?doc_id=55eed373-8185-4224-b804-ef666d54f5948 (дата обращения 20.12.2019).
9. **Максютова Е.В., Кичигина Н.В., Воропай Н.Н., Балыбина А.С., Осипова О.П.** Тенденции гидроклиматических изменений на Байкальской природной территории // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 4. — С. 72–80.
10. **Алёкин О.А., Семёнов А.Д., Скопинцева Б.А.** Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 269 с.
11. **Аринушкина Е.В.** Руководство по химическому анализу почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. — 487 с.
12. **Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.** Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
13. **Теория и практика химического анализа почв** / Под ред. Л.А. Воробьёва. — М.: ГЕОС, 2006. — 399 с.
14. **Конспект флоры Сибири (сосудистые растения).** — Новосибирск: Наука, 2005. — 362 с.
15. **Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения.** — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. — 638 с.
16. **Попов М.Г.** Степная и скальная флоры западного побережья Байкала // Труды Байкал. лимнол. станции. — 1957. — Т. 15. — С. 408–426.
17. **Флора Центральной Сибири** / Под ред. Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой. — Новосибирск: Наука, 1979. — Т. 1–2. — 1047 с.
18. **Мальшев Л.И., Пешкова Г.А.** Особенности и генезис флоры Сибири. Предбайкалье и Забайкалье. — Новосибирск: Наука, 1984. — 264 с.
19. **Бурляева М.О., Кривенко Д.А., Казановский С.Г.** Дикие родичи культурных растений на территории Северо-Западного Прибайкалья (по материалам экспедиции 2014 года) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. — 2017. — № 178 (4). — С. 5–21.
20. **Моложников В.Н.** Экологические реперы Прибайкалья — полигоны для комплексного мониторинга экосистем // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на земле. — 2014. — № 3. — С. 350–357.
21. **Вульф Е.В.** География растений. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. — 33 с.
22. **Вульф Е.В.** Историческая география растений (история флор земного шара). — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1944. — 545 с.

23. Алёхин В.В. География растений. — М.: Учпедгиз, 1950. — 420 с.
24. Куминова А.В. Некоторые вопросы формирования современного растительного покрова Алтая // Материалы по истории флоры и растительности СССР. — 1963. — Вып. 4. — С. 438–461.
25. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. — М.: Высш. шк., 1962. — 378 с.
26. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. — М.; Л.: Наука, 1964. — Т. 3. — С. 146–205.
27. Проблемы экологической морфологии растений / Отв. ред. Т.И. Серебрякова. — М.: Наука, 1976. — 304 с.
28. Мартынов В.П., Цыбжитов Ц.Х., Воробьёв М.Д., Иванов Г.М., Кокорин Ю.Н. Почвенный покров Бурятской АССР: Карта м-ба 1:1 000 000. — Иркутск: Изд-во Ирк. ун-та, 1980. — 1 л.
29. Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Балсанова Л.Д. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация // Вестн. Бурят. сельскохоз. академии. — 2012. — № 2. — С. 45–52.
30. Классификация и диагностика почв России / Под. ред. Л.Л. Шишова, В.Д. Тонконогова, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
31. Полевой определитель почв России. — М.: Изд-во Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2008. — 182 с.
32. Гигиенические нормативы 2.1.7.2042-06. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. — <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293850/4293850510.htm> (дата обращения 10.10.2019).
33. Вотинцев К.К., Глазунов И.В., Толмачёва А.П. Гидрохимия рек бассейна озера Байкал. — М.: Наука, 1965. — 496 с.
34. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством [Электронный ресурс]. — <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294848/4294848348.htm> (дата обращения 10.10.2019).
35. Гигиенические нормативы 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [Электронный ресурс]. — <https://files.stroyinf.ru/Data1/41/41363> / (дата обращения 10.10.2019).
36. Белозерцева И.А., Воробьёва И.Б., Власова Н.В., Лопатина Д.Н., Янчук М.С. Загрязнение снега на акватории оз. Байкал и прилегающей территории // Водные ресурсы. — 2017. — Т. 44, № 3. — С. 340–353.
37. Попов М.Г. О взаимоотношении леса (тайги) и степи в Средней Сибири // Бюлл. Моск. общества испытателей природы. Отд. биол. — 1953. — Т. 58, вып. 6. — С. 81–90.

Поступила в редакцию 21.06.2019

После доработки 19.02.2020

Принята к публикации 25.06.2020