



УДК 911.52 (1-925.16)
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.36.26>

Экологический потенциал геосистем на границе леса и степи (бассейн озера Байкал)

И. Н. Владимиров, А. А. Фролов, Д. В. Кобылкин

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Дано оригинальное определение экологического потенциала геосистем, а также показаны подходы к его анализу и оценке. Рассмотрены основные природные характеристики геосистем двух ключевых участков, расположенных в зоне контакта таежных и степных ландшафтов центральной части бассейна оз. Байкал: участок хр. Малый Хамар-Дабан и территория Чикой-Хилокского междуречья (западная часть Малханского хребта). Показаны основные ландшафтообразующие процессы и факторы, влияющие на развитие биоты геосистем. Анализ природных экологических факторов и ландшафтообразующих процессов, определяющих экологический потенциал, послужил базой для проведения экспертной оценки и построения на ландшафтной основе карт экологического потенциала геосистем для вышеназванных ключевых участков. Исследования показали, что в районе контакта таежных и степных ландшафтов центральной части бассейна оз. Байкал преобладают геосистемы с низкими и средними значениями природного экологического потенциала. Данный факт во многом объясняется суровыми природно-климатическими условиями региона: резко континентальный климат, засушливый режим увлажнения, расчлененный горный и горно-котловинный характер рельефа. На участке хр. Малый Хамар-Дабан главными ландшафтообразующими процессами (помимо климатических), формирующими экологический потенциал геосистем, являются процессы рельефообразования (склоновые, флювиальные и криогенные). На территории Чикой-Хилокского междуречья основными ландшафтообразующими процессами (наряду со склоновыми и флювиальными), определяющими экологические факторы развития биоты, выступают эоловые процессы (дефляция и аккумуляция), которые во многом обусловлены деятельностью человека на протяжении всего периода хозяйственного освоения данной территории.

Ключевые слова: экологический потенциал, геосистема, экологические факторы, ландшафтообразующие процессы, бассейн оз. Байкал.

Для цитирования: Владимиров И. Н., Фролов А. А., Кобылкин Д. В. Экологический потенциал геосистем на границе леса и степи (бассейн озера Байкал) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2021. Т. 36. С. 26–44. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.36.26>

Введение

Изучение экологического потенциала геосистем – актуальное, интегральное направление в географии, являющееся одним из основных этапов реализации политики рационального природопользования, территориального планирования и охраны окружающей среды. Актуальность обусловлена также тем, что в качестве объекта исследования выбраны геосистемы бассейна оз. Байкал, играющие важную средозащитную и средоформирующую

роль для уникального пресноводного объекта. Значительная часть территории бассейна оз. Байкал представляет собой экотон – широкую переходную полосу между таежными и степными ландшафтами. Здесь представлен широкий спектр геосистем (от таежных к лесостепным и степным), что обуславливает высокий уровень видового и ценотического разнообразия биоты, наличие редких видов растений и животных, нуждающихся в охране. Именно экологический потенциал геосистем определяет защитные природные функции, обеспечивая динамическую устойчивость по отношению к разного рода негативному воздействию на ландшафты и нормальное состояние и воспроизводство населяющих данную территорию живых организмов, в том числе и человека.

Первые подробные исследования и научное обоснование экологического потенциала ландшафтов осуществил А. Г. Исаченко [1991а, 1991б, 1992]. На сегодняшний день существует несколько определений экологического потенциала, которые сводятся в большей мере к пониманию его как совокупности природных условий, необходимых для жизни и воспроизводства населяющих данную территорию организмов [Голубец, 2000; Гавриленко, 2008; The ecological potential ... , 2011].

Применяются два подхода к оценке экологического потенциала. Первый из них – антропоцентрический – основывается на запросах человека к качеству окружающей среды и наличию природных ресурсов для реализации его потребностей. Критериями оценки при данном подходе выступают показатели последствий влияния окружающей природной среды на жизнь и хозяйственную деятельность человека. При втором – природоцентрическом – подходе основными критериями оценки являются показатели состояния компонентов геосистем и их функциональных связей. Суть природоцентрического подхода состоит в необходимости сохранения живой природы в целом [Coût d'opportunité versus ... , 2012; Calculation method ... , 2015].

На наш взгляд, при оценке экологического потенциала геосистем необходимо опираться на конструктивное объединение двух подходов (с большим акцентом на природоцентрический), которое предполагает, что основная роль природных процессов и взаимоотношений между компонентами геосистем заключается в поддержании нормального воспроизводства и развития биоты и человека в течение длительного времени. Таким образом, под экологическим потенциалом мы подразумеваем совокупность естественных свойств природных систем, особенностей их структурно-функциональных внутренних и внешних связей, сформировавшихся в ходе эволюционного развития природной среды и определяющих их дальнейшее развитие, а также обеспечивающих жизненные потребности человека при сохранении максимально возможных структурно-функциональных параметров геосистемы.

Каждый компонент геосистемы в отдельности может служить объектом экологической оценки, но при этом значение какого-либо природного фактора зависит от его сочетания с другими свойствами геосистем [Исаченко, 2001; Белов, Соколова, 2014]. Следовательно, оценка природных экологиче-

ских факторов должна быть комплексной, т. е. охватывать всю их совокупность и взаимные связи, определяемые в понятии «экологический потенциал геосистем» [Исаченко, 2003]. К сожалению, исчерпывающий охват всех возможных природных факторов, определяющих экологический потенциал геосистем, практически невозможен. Необходимо отделить главные факторы от второстепенных, т. е. учитывать их вклад (вес) в значение потенциала, для чего нередко используют метод анализа иерархий [Saaty, 1980; Vladimirov, 2018]. Для горной территории бассейна оз. Байкал, находящейся в зоне контакта лесных и степных ландшафтов, основными природными факторами (показателями), обуславливающими экологический потенциал геосистем, являются климат (гидрометеорологические показатели), рельеф (морфометрические показатели), литогенная основа, почва и биота.

В настоящей работе исследование экологического потенциала геосистем заключалось в анализе основных природных экологических (ландшафтообразующих) факторов и процессов (их показателей), формирующих потенциал, и в создании на базе результатов данного анализа карт экологического потенциала геосистем на ландшафтной основе с использованием методов ландшафтно-интерпретационного картографирования [Ландшафтно-интерпретационное картографирование, 2005].

Объект исследования

Территория исследования расположена в горно-котловинном районе Южной Сибири, в пределах центральной части бассейна оз. Байкал. Изучаемый регион находится в глубине материка Евразия, в поясе умеренных широт, что определяет резко континентальные климатические условия географического положения (высокие амплитуды годовых и суточных температур воздуха, засушливый режим увлажнения) [Предбайкалье и Забайкалье, 1965; Бурятия ... , 2011]. Горно-долинный характер рельефа территории исследования со значительным перепадом высот обуславливает высотнопоясную и экспозиционную дифференциацию гидротермического режима [Жуков, 1960], а также проявление барьерных и котловинных эффектов [Рашба, 1973], что сказывается на особенностях распространения различных типов (гольцовых, таежных, лесостепных и степных) геосистем и на их экологическом потенциале.

В качестве объекта исследования выбраны геосистемы двух ключевых участков в зоне контакта таежных и степных ландшафтов (рис. 1): участок территории хр. Малый Хамар-Дабан площадью 448 км² и участок территории Чикой-Хилокского междуречья (западная часть Малханского хребта) площадью 1911 км².

Первому участку свойственны перепады высот от 1000 до 1700 м над у. м. Он расположен на широком выположенном водоразделе хр. Малый Хамар-Дабан, заболоченном в долинах рек и ручьев, а также захватывает части бассейнов р. Темник на северном макросклоне хребта (район оз. Таглей) и р. Торей (приток р. Джиды) на южном макросклоне.

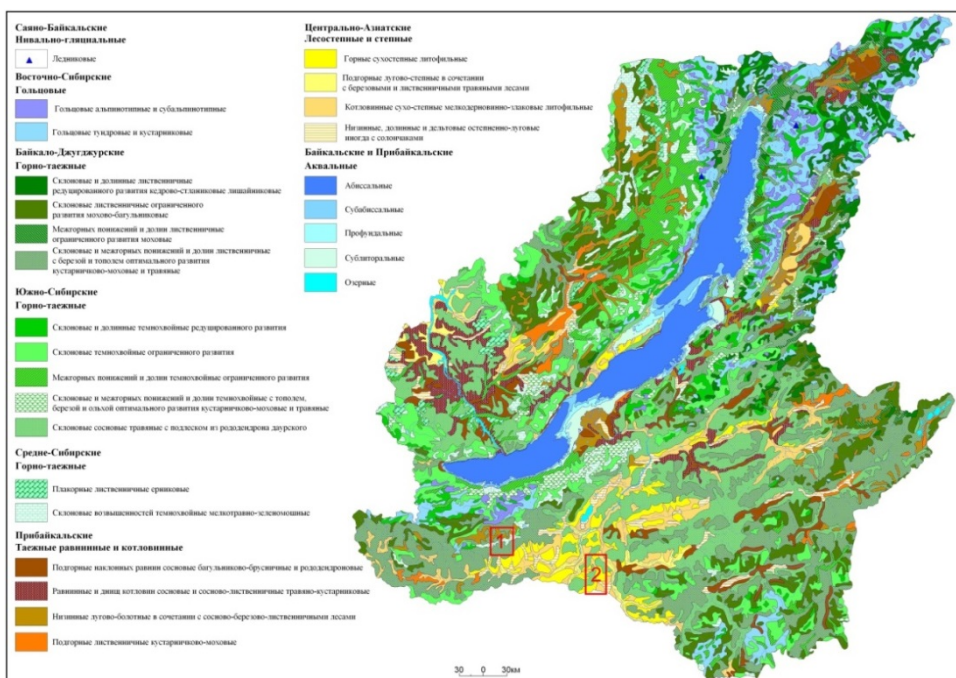


Рис. 1. Ключевые участки на ландшафтной карте территории исследования: 1 – участок территории хр. Малый Хамар-Дабан; 2 – участок территории Чикой-Хилокского междуречья (западная часть Малханского хребта) [Плюснин, Сороковой, 2013]

Почвенный покров территории исследования отличается своим разнообразием в силу контрастности природных условий района. На водоразделе хр. Малый Хамар-Дабан развиты глееземы мерзлотных болотных и таежных торфянистых почв. На северных склонах хребта и в долине верховья р. Торей распространены дерновые таежные кислые почвы с подбурами, глееземами, мерзлотно-таежными торфянистыми почвами. В лиственных бруснично-разнотравных лесах преобладают дерновые таежные почвы. На контакте леса и степи доминируют дерновые таежные насыщенные и каштановые литогенные, черноземные малогумусовые почвы [Структура почвенного покрова ... , 2006].

Территория исследования входит в Джидинскую котловинно-горную лесорастительную провинцию лиственных лесов [Краснощеков, 2004]. На плоских водоразделах исследуемой территории, северных склонах возвышенностей и в верховьях рек развита таежная елово-кедрово-лиственничная растительность. На плоских водоразделах и пологих приводораздельных склонах произрастают высокоценные кедровые (в орехово-промысловом отношении) и спелые лиственничные леса, что подразумевает разработку научных основ их рационального использования и охраны. В пределах южных склонов возвышенностей и в нижних частях долин рек распространены степи и лиственничные лесостепи [Мальшев, Пешкова, 1984].

Согласно схеме физико-географического районирования на уровне провинций и районов [Плюснин, Сороковой, 2013] участок относится к Джидинско-Хамар-Дабанской горно-таежной и котловинной провинции и Мало-Хамар-Дабанскому склоновому светлохвойно-таежному, местами остепненному району. Территория отличается разнообразием природных условий и широким спектром геосистем (ландшафтов): горно-таежных, лесостепных, степных, а также луговых, лугово-болотных, ерниковых заболоченных в долинах рек и ручьев, что дает высокую репрезентативность модельного участка для изучения геосистем на границе таежных и степных ландшафтов бассейна оз. Байкал. Именно барьерным эффектом во многом объясняется здесь широкое развитие лесостепных и степных ландшафтов в горно-таежном поясе южного макросклона хр. Малый Хамар-Дабан. Также на глубокое проникновение лесостепных и степных геосистем в горно-таежную зону влияют экспозиционные температурные различия локальных склонов: южные склоны больше прогреваются солнцем, чем северные, что оказывает существенное влияние на характер растительности и почвообразовательного процесса [Аненхонов, 2016].

Второй участок расположен в пределах Селенгинского среднегорья и занимает территорию Чикой-Хилокского междуречья, захватывающую широкие долины этих рек и примыкающую к ним с востока западную часть Малханского хребта.

Данная территория характеризуется широким распространением эоловых процессов, существенно воздействующих на экологический потенциал геосистем. Эоловые процессы являются критически важным фактором ландшафтообразования и формирования пространственной структуры природопользования территории (сельское и лесное хозяйство, транспортная инфраструктура, селитебные территории и др.). По этой причине оценка экологического потенциала эоловых ландшафтов на этом участке крайне важна для целей прогнозирования и территориального планирования.

Главные факторы развития эоловых процессов и формирования эоловых ландшафтов на территории исследования – это геолого-геоморфологические, климатические и антропогенные. Особенности циркуляции воздушных масс, кулисообразное расположение горных сооружений, наличие мощных толщ рыхлого материала в речных долинах и днищах котловин обусловили возникновение на северном макросклоне и на водоразделе западной части Малханского хребта массива песков, поверхность которого неоднократно перерабатывалась эоловыми и частично водно-эрозионными процессами. Засушливый резко континентальный климат региона с сильными и продолжительными ветрами способствует активному развитию эоловых процессов [Иванов, 1966]. Антропогенный фактор (перевыпас скота, распашка территорий, природно-антропогенные пожары, рубки леса, развитие селитебных территорий и хозяйственной инфраструктуры, разработка месторождений полезных ископаемых и др.) является основной причиной развития эоловых процессов в настоящее время [Кобылкин, Выркин, Фролов, 2019].

Комплексное влияние основных факторов формирует специфические почвенно-растительные условия на территории исследования. По почвенно-му районированию территория исследования приурочена к Чикой-Хилокскому низкогорно-долинному округу, где распространены черноземы, каштановые и дерновые лесные почвы [Почвенное районирование ... , 1993]. В степной и лесостепной зоне почвенный покров представлен в основном каштановыми легкосуглинистыми мучнисто-карбонатными, дерново-серыми, маломощными малогумусовыми мучнисто-карбонатными черноземами и боровыми песками. На древнеэоловых отложениях, заросших сосновыми лесами, распространены боровые пески, характеризующиеся отсутствием гумусового горизонта. Серые лесные почвы, формирующиеся на легких суглинках, сортированных супесях и песках, распространены на слабоборасчлененных поверхностях Чикой-Хилокского междуречья [Иванов, 1966]. Почвы на территории исследования под степями, лесостепями и боровыми сосняками, как правило, легкого механического состава, маломощные с низким содержанием гумуса.

В аспекте геоботанического районирования А. В. Белов [1993] относил данную территорию к Хилокскому остепненно-котловинно-горно-таежному округу Южно-Забайкальской провинции Байкало-Джугджурской горно-таежной области. Наличие широких межгорных долин предопределяет здесь своеобразный водно-термический режим (жаркое сухое лето, холодная малоснежная зима) по сравнению с прилегающим горным обрамлением. В ложе таких долин на сухих легких почвах развивается ксерофитная степная растительность: мелкодерновинно-злаковая на каштановых почвах и разнотравно-злаковая на черноземах [Пешкова, 1972]. Древнеэоловый бугристый рельеф покрыт сухим сосновым бором на песках с малоразвитым травяным покровом [Иванов, 1966]. Только на гребнях и склонах Малханского хребта сосна отчасти вытесняется лиственницей, березой, осиной, ольхой, а местами и кедром.

Исходя из физико-географического районирования, приведенного в карте «Ландшафты юга Восточной Сибири» [1977], территория исследования относится к Селенгинско-Орхонской котловинно-среднегорной остепненной провинции Южно-Сибирской горной области. В результате влияния ландшафтообразующих факторов и природных процессов на территории Чикой-Хилокского междуречья формируется своеобразная ландшафтная структура, геосистемы которой взаимосвязаны друг с другом посредством переноса вещества. В контексте изучения специфики движения рыхлого материала ландшафты изучаемой территории можно разделить на две группы.

1. Ландшафты, сформированные на денудационном типе рельефа. К ним относятся геосистемы возвышенностей и гор, расположенные выше основного базиса денудации (за исключением эоловых ландшафтов): горно-таежные и горно-степные геосистемы склонов и водоразделов Малханского хребта, холмисто-увалистых возвышенностей и котловин выдувания, а также леса, лесостепи и степи на склонах речных долин и днищах падей, расположенных выше базиса эрозии.

2. Ландшафты, сформированные на аккумулятивном типе рельефа. Их составляют геосистемы, расположенные в речных долинах, на предгорных равнинах и в низинах: лугово-болотные территории на поймах и низких надпойменных террасах, сосновые леса и степи на предгорных шлейфах и конусах выноса, аллювиально-озерных равнинах, эрозионно-аккумулятивных террасовалах, на предгорной полигенетической равнине, переработанной эоловыми процессами, а также подвижные незакрепленные эоловые пески в форме дюнных цепей с редкой травянистой и кустарниковой растительностью [Кобылкин, Выркин, Фролов, 2019].

Материалы и методы исследования

Как отмечалось выше, ключевые участки территории исследования расположены в горных и горно-котловинных районах бассейна оз. Байкал, поэтому одними из основных ландшафтообразующих процессов (помимо климатических, создающих региональный географический фон), которые формируют экологический потенциал в целом, являются процессы рельефообразования. Эти процессы определяют экологические факторы, влияющие на развитие биоты. Для оценки экологического потенциала выделены важнейшие экологические (ландшафтообразующие) факторы (или характеризующие их показатели), обуславливающие потенциал, на базе которых проводилась экспертная оценка по балльной шкале.

Для горной территории хр. Малый Хамар-Дабан основными процессами рельефообразования являются склоновые, флювиальные и криогенные; следовательно, связанными с ними факторами выступают рельеф и литогенная основа, определяющие дифференциацию гидротермических условий и ландшафтной структуры территории. Оцениваемыми признаками служат морфометрические показатели рельефа (абсолютная или относительная высота конкретного местоположения, уклон и экспозиция поверхности местоположения), степень литоморфности подстилающих пород и механический состав почв.

На территории Чикой-Хилокского междуречья основным рельефообразующим процессом (помимо склоновых и флювиальных) является эоловый процесс, поэтому к дополнительному показателю, характеризующему экологический потенциал геосистем, относится степень интенсивности проявления современных эоловых процессов, напрямую определяющих экологические условия развития биоты геосистем. Индикаторами этих процессов служат наличие и степень развития в геосистемах современных эоловых форм рельефа, а также механический состав почв.

Анализ факторов (показателей) производится с применением ГИС-технологий на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) – космических снимков Landsat 8 OLI, данных SRTM, полевых экспедиционных исследований, комплексных ландшафтных, отраслевых покомпонентных, тематических и топографических карт, а также литературных источников. Результатом выполненного анализа являются тематические и ландшафтные карты, в атрибутивных данных которых содержатся показате-

ли, характеризующие рассматриваемые экологические факторы. Методика анализа данных ДЗЗ и построения карт описаны в более ранних работах [Analysis of the landscape ... , 2019; Кобылкин, Выркин, Фролов, 2019].

Анализ факторов (показателей) послужил основой для экспертной оценки экологического потенциала геосистем по 6-балльной шкале – от 1 (низкий) до 6 (высокий). Картографирование результатов оценки экологического потенциала осуществлялось на ландшафтной основе, т. е. использовались ранее построенные карты геосистем [Analysis of the landscape ... , 2019; Кобылкин, Выркин, Фролов, 2019], при этом информация о типе геосистем в легенде карт заменялась соответствующим баллом экологической оценки.

Результаты исследования

На базе анализа основных экологических факторов проведена экспертная оценка и построены карты экологического потенциала геосистем для двух ключевых участков центральной части бассейна оз. Байкал.

Для горной территории ключевого участка хр. Малый Хамар-Дабан (рис. 2) основными экологическими факторами, определяющими экологический потенциал, являются рельеф и литогенная основа, характеризующиеся морфометрическими показателями, степенью литоморфности подстилающих пород и механическим составом почв. На данной территории высоким экологическим потенциалом в 5–6 баллов (74,34 км²) обладают горно-таежные геосистемы, расположенные на местоположениях плоских водоразделов и пологих приводораздельных склонов на суглинистых дерновых таежных почвах. Особенностью данных геосистем является сбалансированность транзитных потоков влаги, что обуславливает отсутствие застойного переувлажнения и, как следствие, минимизацию мерзлотных процессов. Это способствует формированию благоприятных экологических условий развития биоты: здесь развиты кустарничково-травяно-зеленомошные лиственнично-кедровые и кедрово-лиственничные леса со спелым высокобонитетным древостоем. Наиболее низкий экологический потенциал – 1–2 балла (166,7 км²) – характерен для геосистем, находящихся в местоположениях с экстремальными условиями развития биоты. К таковым относятся две группы геосистем с противоположными гидротермическими условиями функционирования. Первую группу составляют геосистемы ксеролитоморфного факторально-динамического ряда, расположенные на крутых южных склонах с близким залеганием горных пород (89,79 км²). В таких местоположениях формируются горно-таежные редкостойные редуцированные лиственничные геосистемы на маломощных каменистых дерново-таежных почвах (1 балл) и горно-степные низкоразнотравные геосистемы на каменистых каштановых почвах (1 балл). Данным геосистемам свойственны недостаточные уровни увлажнения и доступных элементов минерального питания для растительности, что значительно ограничивает их развитие.

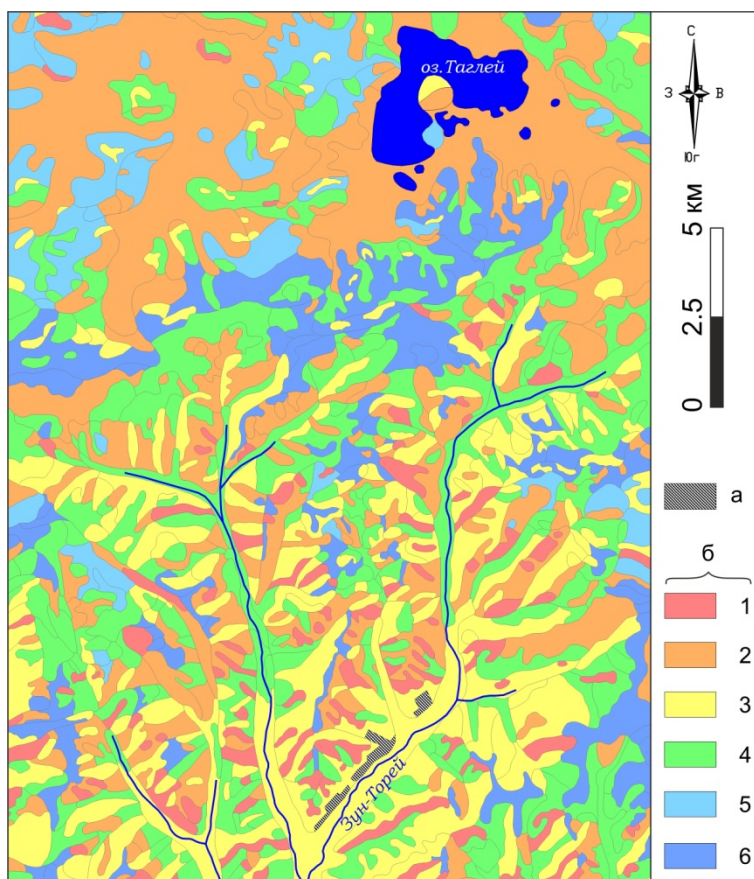


Рис. 2. Экологический потенциал геосистем ключевого участка территории хр. Малый Хамар-Дабан:
a – пашни; *б* – значение экологического потенциала, в баллах (1 – низкое... 6 – высокое)

Во вторую группу входят геосистемы криогидроморфного факторально-динамического ряда, расположенные в заболоченных долинах и низинах с выраженными проявлениями мерзлотных процессов (76,91 км²). Для данных местоположений характерны избыточные застойные условия увлажнения, осложненные развитием вечной мерзлоты, что также негативно отражается на лесной растительности. Здесь распространены горно-таежные заболоченные редуцированные лиственничные и кедрово-лиственничные леса с ерниковыми зарослями на мерзлотных болотных и торфянисто-глеевых почвах (2 балла). На южном макросклоне хр. Малый Хамар-Дабан средними значениями экологического потенциала – 3–4 балла – характеризуются горно-таежные и горно-степные геосистемы, расположенные на пологих склонах и склонах преимущественно северных экспозиций, а также в дренируемых долинах рек и водосборных понижениях (207,43 км²). В таких местоположениях на фоне общего недостатка влаги, характерного для горно-

лесостепного и степного ландшафтных поясов в целом, гидротермические условия приближаются к благоприятным для развития растительности. Здесь распространены лиственничные и кедрово-лиственничные травяные и мохово-кустарничковые леса на подбурах и дерново-таежных почвах (на склонах) и лиственнично-еловые с березой и осиной кустарниковые зелено-мошно-крупнотравные леса на мерзлотно-таежных глееватых почвах (в долинах) со средним уровнем бонитета древостоя. В нижней части макросклона и в предгорьях хребта к геосистемам со средними значениями экологического потенциала относятся злаково-разнотравные степи на черноземных малогумусовых и каштановых почвах (на склонах) и злаково-осоково-разнотравные луга на лугово-каштановых солонцеватых почвах (в долинах) (см. рис. 2).

Для территории Чикой-Хилокского междуречья (рис. 3) к важнейшим ландшафтообразующим процессам, определяющим экологические условия развития биоты, относятся эоловые, флювиальные и склоновые процессы рельефообразования. Характер рельефа и механический состав почв являются показателями данных процессов и, следовательно, объектами анализа при оценке экологического потенциала геосистем данной территории. Наиболее высоким экологическим потенциалом отличаются геосистемы, сформированные на эрозионно-аккумулятивных террасовалах эоплейстоценового возраста, сложенных аллювиально-озерными отложениями на серых лесных и дерново-лесных почвах. Отсутствие современных эоловых форм рельефа и наличие развитых серых и дерново-лесных почв указывает на низкую интенсивность современных эоловых процессов, что формирует относительно благоприятные условия развития лесной растительности (сосново-березовые с лиственницей разнотравные леса). Очень низким экологическим потенциалом на данной территории обладают геосистемы подвижных незакрепленных эоловых песков в форме дюнных цепей голоценового возраста с редкой травянистой и кустарниковой (ива) растительностью и небольшими березово-сосновыми сообществами в междюнных понижениях. Данные геосистемы характеризуются экстремальными условиями развития биоты: высокий дефицит влаги и минерального питания для растительности, большие амплитуды изменения суточных и годовых температур воздуха и почвы. Средними значениями экологического потенциала обладают степные и лесные геосистемы на склоновых местоположениях в среднегорье и низкогорье западной части Малханского хребта, в долинах рек, на холмисто-увалистых возвышенностях и котловинах выдувания (см. рис. 3, табл.).

Пространственный анализ показал, что на территории Чикой-Хилокского междуречья преобладают геосистемы со средними значениями экологического потенциала (75 % площади), геосистемы с высоким и низким экологическим потенциалом занимают 19 и 6 % ключевого участка соответственно.

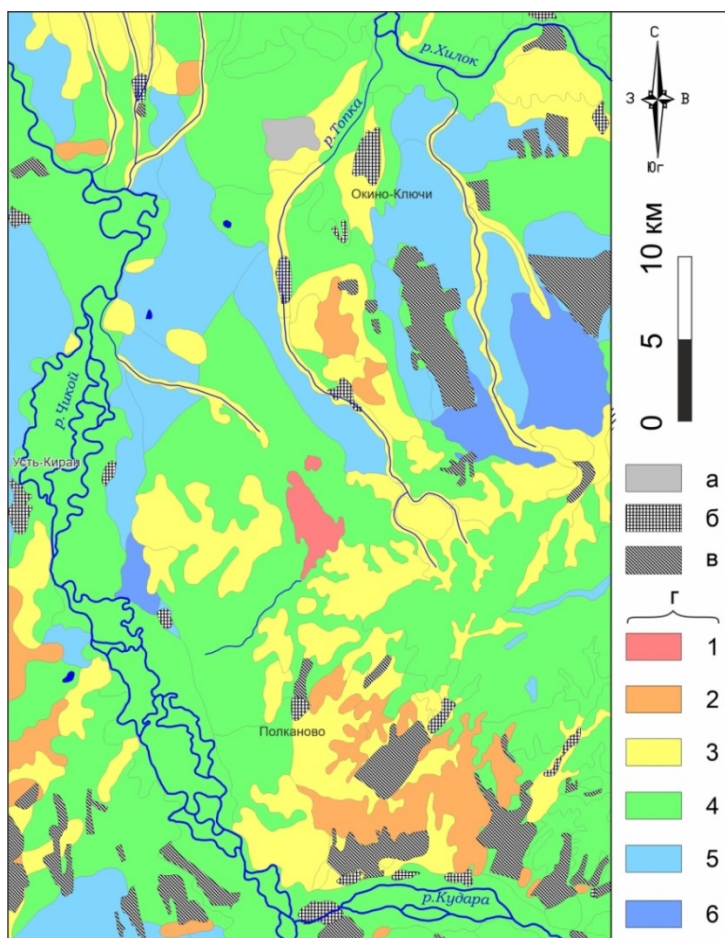


Рис. 3. Экологический потенциал геосистем ключевого участка территории Чикой-Хилокского междуречья: а – угольный разрез; б – селитебные территории; в – сельхозугодья; г – значение экологического потенциала, в баллах (1 – низкое... 6 – высокое)

Заключение

Стратегия рационального природопользования и охраны окружающей среды требует разработки научных основ и подходов, направленных на бережное использование природных ресурсов и охрану сложной в природно-ландшафтном отношении территории бассейна оз. Байкал. Основной целью экологической оптимизации природопользования в настоящее время является создание условий для гармоничного, сбалансированного развития природы, общества и экономики. Особый акцент должен быть сделан на признании приоритетности для общества жизнеобеспечивающих функций геосистем перед прямым использованием ее ресурсов при соблюдении баланса потребностей населения в благосостоянии и экологическом благополучии. В этих условиях экологическая оптимизация природопользования на основе учета экологического потенциала геосистем является основной парадигмой политики природоохранной деятельности на территории Байкальского региона.

Таблица

Соотношение экологического потенциала с некоторыми характеристиками компонентов геосистем территории Чикой-Хилокского междуречья

ЭП, балл	Площадь, км ²	Форма рельефа	Четвертичные отложения	Почва	Растительность
1	10,47	Дюнные цепи голоценового возраста	Подвижные незакрепленные эоловые пески	Пески	Редкая травянистая и кустарниковая (ива) растительность, небольшие березово-сосновые сообщества в междюнных понижениях
2	93,22	Холмисто-увалистые возвышенности и котловины выдувания	Эоловые и делювиальные (супеси, пески с щебнем и дресвой)	Маломощные черноземы мучнисто-карбонатные малогумусовые легкого механического состава	Разнотравно-злаковая степь
3	421,93	Склоны речных долин и днища падей	Аллювиально-пролювиальные и аллювиально-делювиальные (пески, супеси с гравием, галькой, суглинки с дресвой и щебнем)	Каштановые и серые лесные легкого механического состава	Разнотравная степь в сочетании с сосново-березовыми кустарниковыми перелесками
		Предгорные полигенетические равнины, переработанные эоловыми и другими экзогенными процессами, средне- и позднеллейстоценового возраста	Эоловые и делювиально-пролювиальные покровные (лёссовидные супеси с дресвой и щебнем)	Каштановые супесчаные	Мелкодерновинно-злаковая степь
		Холмисто-увалистые возвышенности и котловины выдувания	Эоловые и делювиальные (супеси, пески с щебнем и дресвой)	Дерново-серые легкого механического состава	Сосновые и сосново-березовые с кустарником (шиповник, рододендрон) травяные леса и лесостепи
4	1014,00	Склоны средне- и низких гор	Делювиальные, коллювиально-делювиальные (суглинков с щебнем, дресвой и глыбами)	Подбуры и дерново-лесные	Березово-сосново-лиственничные травяно-моховые кустарниковые (рододендрон, душекия) леса
		Поймы и низкие (первые надпойменные) речные террасы позднеллейстоцен-голоценового возраста	Аллювиальные отложения (пески, галечники, гравий, супеси, илы)	Аллювиальные луговые серо- и темногумусовые и лугово-болотные перегнойно-глеевые	Разнотравная луговая и разнотравно-осоковая лугово-болотная растительность

Окончание табл.

ЭП, балл	Площадь, км ²	Форма рельефа	Четвертичные отложения	Почва	Растительность
4	1014,00	Предгорные шлейфы и конусы выноса позднелейстоценового возраста	Проллювиально-делювиальные (суглинки с дресвой, щебнем и глыбами)	Маломощные малогумусовые мучнисто-карбонатные черноземы	Разнотравно-злаковая степь
		Предгорные полигенетические равнины, переработанные эоловыми и другими экзогенными процессами, средне- и позднелейстоценового возраста	Эоловые и делювиально-пролювиальные покровные (пески, лёссовидные супеси с дресвой и щебнем, алевриты)	Боровые пески	Сосновые с березой кустарниковые (рододендрон, душекия, шиповник, спирея) разнотравные, местами мертвопокровные леса
5	311,19	Плоские водоразделы хребтов	Элювиальные (щебень, дресва, суглинки, супеси)	Дерново-подзолистые	Сосново-лиственничные с осиной и березой мохово-кустарничково-травяные леса
		Аллювиально-озерные равнины ранне- и среднеплейстоценового возраста	Аллювиально-озерные (пески алевролитовые, с прослоями гальки, гравия)	Серые лесные легкого механического состава	Сосново-березовые разнотравные кустарниковые (рододендрон, шиповник) леса и лесостепи
6	53,45	Эрозионно-аккумулятивные террасоувалы эоплейстоценового возраста	Аллювиально-озерные (алевриты, песок алевритовый, охристые суглинистые песчано-гравийные отложения с прослоями суглинков и глины)	Серые лесные и дерново-лесные	Сосново-березовые с лиственницей разнотравные леса

ЭП – значение экологического потенциала: 1 – низкое... 6 – высокое.

Оценка экологического потенциала двух ключевых участков, расположенных в суровых природно-климатических условиях на границе леса и степи, выявила значительное преобладание геосистем с низким и средним природным экологическим потенциалом. Для участка хр. Малый Хамар-Дабан территориальная дифференциация геосистем по экологическому потенциалу связана главным образом с природными факторами и процессами, влияющими на пространственную неоднородность экологических условий развития биоты, к которым относятся (помимо климатических) склоновые, флювиальные и криогенные. На территории Чикой-Хилокского междуречья одним из основных процессов, формирующих экологический потенциал геосистем, является эоловый процесс, который в значительной степени обусловлен деятельностью человека на протяжении всего периода хозяйственного освоения данной территории (вырубки, природно-антропогенные пожары, сельскохозяйственная деятельность и др.).

В связи с выявленной неоднородностью природных условий, процессов и факторов двух ключевых участков по отдельности возникают трудности сопоставления оценок этих территорий: один и тот же балл оценки на разных участках не означает одинаковый уровень реального экологического потенциала. Такая относительность в системе оценки накладывает территориальные (пространственные) ограничения в исследованиях, поэтому в перспективе должны ставиться задачи разработки универсальных показателей и критериев оценки, весовых коэффициентов влияния различных факторов, учитывающих местные природные особенности и адекватно характеризующих изучаемый регион в целом. Для уменьшения субъективности в исследовании необходимо разрабатывать и использовать количественные критерии оценки факторов. Кроме того, нужно создавать специальные оценочные карты, содержание которых будет определяться задачами получения необходимой информации как об экологическом потенциале геосистем в целом, так и о различных его аспектах, касающихся отдельных компонентов геосистем.

В работе акцент сделан на оценке природного базового экологического потенциала, сформированного как результат влияния и взаимодействия природных компонентов геосистем, экологических (ландшафтообразующих) факторов и процессов. Здесь не ставилась задача анализа вклада антропогенных факторов и выявления остаточного экологического потенциала. Кроме того, в работе не рассмотрены эволюционный аспект природного процесса, особенности изменения структурно-функциональных внутренних и внешних связей в ходе развития природной среды как основы формирования природного экологического потенциала геосистем.

Указанные выше проблемы и поставленные задачи могут быть решены путем разработки и реализации многоуровневого плана географических исследований, подразумевающего анализ и оценку экологического потенциала с разных позиций (отраслевые и комплексные исследования геосистем, анализ антропогенного фактора, разработка критериев оценки экологического потенциала и изучение эволюционного аспекта формирования экологического потенциала, геоинформационно-картографическое сопровождение), с

привлечением широкого круга специалистов-географов: ландшафтоведов, геоэкологов, геоморфологов, геоботаников, почвоведов, палеогеографов, картографов и др.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190017-5, АААА-А21-121012190056-4, АААА-А21-121012190059-5) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-53030.

Список литературы

Аненхонов О. А. Лесная растительность Западного Забайкалья и вероятные направления ее климатогенной динамики : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2016. 34 с.

Белов А. В. Ботанико-географическое районирование // Атлас Байкала. М. : Федер. служба геодезии и картографии России, 1993. С. 114.

Белов А. В., Соколова Л. П. Экологический потенциал растительности как фактор природопользования в Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 53–60.

Бурятия. Т. 1. Природа. Общество. Экономика : энцикл. справ. Улан-Удэ : ЭКОС, 2011. 328 с.

Гавриленко О. П. Экогеография Украины : навчальний посібник. Київ : Знання, 2008. 646 с.

Голубець М. А. Екосистемологія. Львів : Поллі, 2000. 316 с.

Жуков В. М. Климат Бурятской АССР. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1960. 187 с.

Иванов А. Д. Эоловые пески Западного Забайкалья и Прибайкалья. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1966. 232 с.

Исаченко А. Г. Экологический потенциал ландшафта // Известия ВГО. 1991а. Т. 123, вып. 4. С. 305–316.

Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М. : Высшая школа, 1991б. 366 с.

Исаченко А. Г. Ресурсный потенциал ландшафта и природно-ресурсное районирование // Известия РГО. 1992. Т. 124, вып. 3. С. 7–14.

Исаченко А. Г. Экологическая география России. СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. 326 с.

Исаченко А. Г. Введение в экологическую географию : учеб. пособие. СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2003. 192 с.

Кобылкин Д. В., Выркин В. Б., Фролов А. А. Развитие ландшафтов песчаных массивов западной части Малханского хребта (Западное Забайкалье) // Вестн. Бурятского гос. ун-та. Биология, география. 2019. № 4. С. 41–54. <https://doi.org/10.18101/2587-7148-2019-4-41-54>.

Краснощеков Ю. Н. Почвозащитная роль горных лесов бассейна озера Байкал. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. 223 с.

Ландшафтно-интерпретационное картографирование / отв. ред. А. К. Черкашин. Новосибирск : Наука, 2005. 424 с.

Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта м-ба 1:1 500 000 / ред. О. П. Космакова, В. С. Михеев. М. : ГУГК, 1977. 4 л.

Мальшев Л. И., Пешкова Г. А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск : Наука, 1984. 265 с.

Предбайкалье и Забайкалье / отв. ред. В. С. Преображенский. М. : Наука, 1965. 492 с.

Пешкова Г. А. Степная флора Байкальской Сибири. М. : Наука, 1972. 207 с.

Плюснин В. М., Сороковой А. А. Геоинформационный анализ ландшафтной структуры Байкальской природной территории. Новосибирск : Гео, 2013. 188 с.

Почвенное районирование / В. А. Вторушин, В. А. Кузьмин, А. В. Мартынов, В. П. Мартынов // Атлас Байкала. М. : Федер. служба геодезии и картографии России, 1993. С. 130.

Раиба И. Н. О котловинном варианте зональности проявления экзогенных рельефообразующих процессов (на примере Южно-Минусинской котловины) // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. 1973. Вып. 39. С. 40–46.

Структура почвенного покрова Джидинской котловины и ее отражение на карте масштаба 1:500 000 / Ц. Х. Цыбжитов, Ц. Ц. Цыбикдоржиев, Б. Ц. Хубракова, А. Ц. Цыбжитов, Т. В. Давыдова, Б.-М. Н Гончиков // Почвоведение. 2006. № 7. С. 787–794.

Analysis of the landscape structure of the Malyi Khamar-Daban range / I. N. Vladimirov, A. A. Frolov, A. B. Silaev, A. P. Sofronov, D. V. Kobylkin, A. A. Sorokovoi // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 381. (012093). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/381/1/012093>.

Calculation method of cultivated land consolidation ecological potential in China / X. Tang, Y. Pan, X. Hao, Y. Liu // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2015. Vol. 31, N 17. P. 270–277. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.036>.

Coût d'opportunité versus coût du maintien des potentialités écologiques: deux indicateurs économiques pour mesurer les coûts de l'érosion de la biodiversité / H. Levrel, J. Hay, A. Bas, P. Gastineau, S. Pioch // Natures Sciences Sociétés. 2012. Vol. 20, N 1. P. 16–29.

Saaty T. L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York; London: McGraw-Hill International Book Co, 1980. 287 p.

The ecological potential of a restored abandoned quarry ecosystem in Mt. Mufu, Nanjing, China / J. Wang, Z. Li, X. Hu, J. Wang, D. Wang, P. Qin // Ecological Engineering. 2011. Vol. 37, N 6. P. 833–841. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.12.026>

Vladimirov I. N. The ecological potential of Baikal region's geosystems // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 190. (012017). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/190/1/012017>

Ecological Potential of Geosystems on the Boundary of Forest and Steppe (Lake Baikal Drainage Basin)

I. N. Vladimirov, A. A. Frolov, D. V. Kobylkin

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. This author's formulation of the ecological potential of ecosystems is presented, and the approaches to its assessment are outlined. The main natural characteristics of the components of geosystems in two key areas of the central part of the Lake Baikal drainage basin are considered: the area of the Malyi Khamar-Daban Range and the territory of the Chikoi-Khilok interfluvium. The main landscape-forming processes and the factors (and the indicators characterizing them) influencing the development of the biotic component of geosystems have been identified. On the basis of analyzing the natural ecological factors and the landscape-forming processes generating the ecological potential, an expert assessment is made, and the maps of the natural ecological potential of geosystems are compiled for the key study areas. Investigations showed that the territory of the central part of the Lake Baikal drainage basin on the boundary of forest and steppe landscapes are characterized by a considerable predominance of geosystems with low and moderate natural ecological potential, which is due to the severe natural-climatic conditions. For the mountain territory of the Malyi Khamar-Daban Range the relief-forming processes are the main landscape-forming processes (in addition to the climatic processes forming the regional geographical background) determining the ecological factors of

development of the biota and the ecological potential as a whole: the slope, fluvial and cryogenic processes. In the areas of the Chikoi-Khilok interfluve, the central role is played by aeolian processes (deflation and accumulation) which are, to a significant extent, associated with human activity.

Keywords: ecological potential, geosystem, ecological factors, landscape-forming processes, Lake Baikal drainage basin.

For citation: Vladimirov I.N., Frolov A.A., Kobylkin D.V. Ecological Potential of Geosystems on the Boundary of Forest and Steppe (Lake Baikal Drainage Basin). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2021, vol. 36, pp. 26-44. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.36.26> (in Russian)

References

Anenkhonov O.A. *Lesnaya rastitelnost Zapadnogo Zabaikaliya i veroyatnye napravleniya ee klimatogennoi dinamiki* [Forest vegetation of Western Transbaikalia and probable directions of its climatogenic dynamics]. Dr. sci. diss. abstr. Novosibirsk, 2016, 34 p. (in Russian)

Belov A.V. *Botaniko-geograficheskoe raionirovanie. Atlas Baikala* [Botanical and geographical zoning. Atlas of Baikal]. Moscow, Federal Service of Geodesy and Cartography of Russia Publ., 1993, 114 p. (in Russian)

Belov A.V., Sokolova L.P. Ekologicheskii potentsial rastitelnosti kak faktor prirodopolzovaniya v Baikalskoi Sibiri [Ecological potential of vegetation as a factor of nature management in Baikal Siberia]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], 2014, no. 3, pp. 53-60. (in Russian)

Buryatiya: Entsiklopedicheskii spravochnik. T. 1. Priroda. Obshchestvo. Ekonomika [Buryatia: Encyclopedic Reference. Vol. 1. Nature. Society. Economy]. Ulan-Ude, EKOS Publ., 2011, 328 p. (in Russian)

Gavrylenko O.P. *Ekogeografiya Ukrainy* [Ecogeography of Ukraine: a textbook]. Kiev, Znaniya Publ., 2008, 646 p. (in Ukraine)

Golubev' M.A. *Ekosistemologiya* [Ecosystemology]. Lviv, Polli Publ., 2000, 316 p. (in Ukraine)

Zhukov V.M. *Klimat Buryatskoi ASSR* [Climate of the Buryat ASSR]. Ulan-Ude, Buryat book publishing house, 1960, 187 p. (in Russian).

Ivanov A.D. *Eolovye peski Zapadnogo Zabaikaliya i Pribaikaliya* [Aeolian sands of Western Transbaikalia and the Baikal region]. Ulan-Ude, Buryat book publishing house, 1966, 232 p. (in Russian)

Isachenko A.G. Ekologicheskii potentsial landshafta [Ecological potential of the landscape]. *Izvestiya VGO* [Bulletin of the All-Union Geographical Society], 1991, vol. 123, no. 4, pp. 305-316. (in Russian)

Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie* [Landscape studies and physical-geographical zoning]. Moscow, Higher school Publ., 1991, 336 p. (in Russian)

Isachenko A.G. Resursnyi potentsial landshafta i prirodno-resursnoe raionirovanie [Resource potential of the landscape and natural resource zoning]. *Izvestiya RGO* [Bulletin of the Russian Geographical Society], 1992, vol. 124, no. 3, pp. 7-14. (in Russian)

Isachenko A.G. *Ekologicheskaya geografiya Rossii* [Ecological geography of Russia]. St. Petersburg, St. Petersburg University Publ., 2001, 326 p. (in Russian)

Isachenko A.G. *Vvedenie v ekologicheskuyu geografiyu* [Introduction to Environmental Geography: A Study Guide]. St. Petersburg, St. Petersburg University Publ., 2003, 192 p. (in Russian)

Kobylkin D.V., Vyrkin V.B., Frolov A.A. Razvitie landshaftov peschanykh massivov zapadnoi chasti Malkhanskogo khrebra (Zapadnoe Zabaikalie) [Development of landscapes of sand massifs in the western part of the Malkhansky ridge (Western Transbaikalia)]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya* [Bulletin of the Buryat

State University. Biology, geography], 2019, no. 4, pp. 41-54. <https://doi.org/10.18101/2587-7148-2019-4-41-54>. (in Russian)

Krasnoshchekov Y.U.N. Pochvozashchitnaya rol gornyh lesov bassejna ozera Bajkal [Soil-protecting role of mountain forests of the Baikal Basin]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2004, 223 p. (in Russian)

Landshaftno-interpretatsionnoe kartografirovanie [Landscape interpretation mapping]. Ed. by Cherkashin A.K. Novosibirsk, Nauka Publ., 2005, 424 p. (in Russian)

Landshafty yuga Vostochnoj Sibiri: Karta m-ba 1:1500000. [Landscapes of the South of Eastern Siberia: Map scale 1:1500000]. Eds. Kosmakova O.P., Mikheev V.S. Moscow, GUGK Publ., 1977, 4 p. (in Russian)

Malyshev L.I., Peshkova G.A. *Osobennosti i genezis flory Sibiri (Predbaikalie i Zabaikalie)* [Features and genesis of the flora of Siberia (Cisbaikalia and Transbaikalia)]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984, 265 p. (in Russian)

Predbaikalie i Zabaikalie [Cisbaikal and Transbaikalia]. Ed. by Preobrazhenskii V.S. Moscow, Nauka Publ., 1965, 492 p. (in Russian)

Peshkova G.A. *Stepnaya flora Baikalskoi Sibiri* [Steppe flora of Baikal Siberia]. Moscow, Nauka Publ., 1972, 207 p. (in Russian)

Vtorushin V.A., Kuz'min V.A., Martynov A.V., Martynov V.P. *Pochvennoe raionirovanie. Atlas Baikala* [Soil zoning. Atlas of Baikal]. Moscow, Federal Service of Geodesy and Cartography of Russia Publ., 1993, 130 p. (in Russian)

Plyusnin V.M., Sorokovoi A.A. *Geoinformatsionnyi analiz landshaftnoi struktury Baikalskoi prirodnoi territorii* [Geoinformation analysis of the landscape structure of the Baikal natural territory]. Novosibirsk, GEO Publ., 2013, 188 p. (in Russian)

Rashba I.N. O kotlovinnom variante zonalnosti proyavleniya ekzogennykh reliefoobrazuyushchikh protsessov (na primere Yuzhno-Minusinskoj kotloviny) [On the basin variant of the zonality of the manifestation of exogenous relief-forming processes (on the example of the Yuzhno-Minusinsk depression)]. *Doklady Instituta geografii Sibiri i Dalnego Vostoka* [Reports of the Institute of Geography of Siberia and the Far East], 1973, no. 39, pp. 40-46. (in Russian)

Cybzhitov C.H., Cybikdorzhiev C.C., Hubrakova B.C., Cybzhitov A.C., Davydova T.V., Gonchikov B.-M.N. *Struktura pochvennogo pokrova Dzhidinskoj kotloviny i ee otrazhenie na karte masshtaba 1:500000* [The structure of the soil cover of the Dzida basin and its reflection on a map at a scale of 1:500000]. *Pochvovedenie* [Soil science], 2006, no. 7, pp. 787-794. (in Russian)

Tang X., Pan Y., Hao X., Liu Y. Calculation method of cultivated land consolidation ecological potential in China. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, vol. 31, no. 17, pp. 270-277. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2015.17.036>

Levrel H., Hay J., Bas A., Gastineau P., Pioch S. Coût d'opportunité versus coût du maintien des potentialités écologiques: deux indicateurs économiques pour mesurer les coûts de l'érosion de la biodiversité. *Natures Sciences Sociétés*, 2012, vol. 20, no. 1, pp. 16-29.

Saaty T.L. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York, London, McGraw-Hill International Book Co, 1980, 287 p.

Wang J., Li Z., Hu X., Wang J., Wang D., Qin P. The ecological potential of a restored abandoned quarry ecosystem in Mt. Mufu, Nanjing, China. *Ecological Engineering*, 2011, vol. 37, no. 6, pp. 833-841. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.12.026>.

Vladimirov I.N., Frolov A.A., Silaev A.V., Sofronov A.P., Kobylkin D.V., Sorokovoi A.A. Analysis of the landscape structure of the Malyi Khamar-Daban range. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 381 (012093). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/381/1/012093>

Владимиров Игорь Николаевич

доктор географических наук, директор
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
e-mail: garisson@irigs.irk.ru

Фролов Александр Андреевич

кандидат географических наук,
старший научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
e-mail: f-v1984@mail.ru

Кобылкин Дмитрий Владимирович

кандидат географических наук
заведующий, лаборатория геоморфологии
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
e-mail: agrebrandt@inbox.ru

Vladimirov Igor Nikolayevich

Doctor of Sciences (Geography), Director
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: garisson@irigs.irk.ru

Frolov Alexandr Andreevich

Candidate of Sciences (Geography),
Senior Researcher
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: f-v1984@mail.ru

Kobylkin Dmitrii Vladimirovich

Candidate of Sciences (Geography)
Head, Laboratory of Geomorphology
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: agrebrandt@inbox.ru

Код научной специальности: 25.00.23

Дата поступления: 14.04.2021