



Научная статья

УДК 911.2(571.5)

DOI: <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2022-1-76-88>

Оценка экологического потенциала геосистем Окинского плоскогорья для целей хозяйственного освоения

Игорь Николаевич Владимиров ¹, Владимир Борисович Выркин ²,
Дмитрий Владимирович Кобылкин ³

^{1,2,3} Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

¹ garisson@irigs.irk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9071-1847>

² vyrkin@irigs.irk.ru

³ agrembrandt@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5029-0761>

Аннотация. В современной географической науке относительно недавно получило развитие новое направление – оценка экологического потенциала, основанная на природо- и антропоцентричном подходе. На сочетании этих направлений предлагается комплексный подход, открывающий возможности для оптимального использования природных и человеческих ресурсов той или иной территории. Одним из основных свойств потенциала является хронологическая неоднородность, в этом отношении он успешно может применяться для гуманитарных исследований. В качестве объекта исследования был выбран малообжитой, труднодоступный и отдаленный, но богатый полезными ископаемыми район Восточных Саян – Окинское плоскогорье. Приводится краткое описание особенностей геоморфологического строения, климата, растительного покрова. В основу положен анализ данных дистанционного зондирования Земли, обработанный в соответствующем алгоритме. Полученные таким образом картографические изображения, проанализированные с использованием метода анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process), позволили провести дифференциацию изучаемой территории по значению экологического потенциала. Различие в строении рельефа обусловило развитие высотных ландшафтных поясов, экспозиционность. Структура ландшафтов весьма разнообразная, что связано ярко выраженной высотной поясностью, контрастным рельефом, суровым резкоконтинентальным климатом. В ней принимают участие лишённые растительного и почвенного покрова склоны высокогорных хребтов с альпийским рельефом, горные тундры, сочетающиеся с ерниковыми зарослями и низкорослым лиственничным редколесьем. Пониженные части, прилегающие к бортам долин рек, а также плосковершинным поверхностям низких частей плато, занимают лиственничные леса с развитым мохово-лишайниковым покровом. Северный макросклон Китайских и Тункинских гольцов занят темнохвойной кедрово-пихтовой тайгой. В долинах рек активное участие принимают еловые леса. Характерной особенностью территории является наличие степей на склонах южной экспозиции (экспозиционная степь), наиболее широкое распространение получивших в Окинской котловине и долине р. Оки, расположенных в центральной части. Наибольшим значением экологического потенциала обладают лесостепные геосистемы.

Ключевые слова: Восточный Саян, Окинское плоскогорье, комплексные исследования, данные дистанционного зондирования, рельеф, климатические данные, вегетационные индексы, геосистемы, экологический потенциал

Благодарности: исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190017-5).

Для цитирования: Владимиров И. Н., Выркин В. Б., Кобылкин Д. В. Оценка экологического потенциала геосистем Окинского плоскогорья для целей хозяйственного освоения // Известия Лаборатории древних технологий. 2022. Т. 18. № 1. С. 76–88. <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2022-1-76-88>

The estimation of an ecological potential of geosystems of the Okinsky Plateau

Igor' N. Vladimirov¹, Vladimir B. Vyrkin², Dmitrii V. Kobylkin³

^{1,2,3} V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

¹ garisson@irigs.irk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9071-1845647>

² vyrkin@irigs.irk.ru

³ agrebrandt@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5029-0761>

Abstract. A new direction in modern geographical science - the ecological potential assessment - is being developed relatively recently. In this paper, the assessment proposes an integrated approach that combines both traditional main directions - natural and anthropocentric approaches. The integrated approach opens up opportunities for the optimal use of natural and human resources of a particular territory. One of the main properties of the potential is chronological heterogeneity, in this respect it can be successfully applied for humanitarian research. We chose the Okinsky Plateau as an object of research - a sparsely populated, inaccessible and remote region of the Eastern Sayan Mountains, but rich in minerals. The paper provides a brief description of the features of the geomorphological structure, climate and vegetation cover. It is based on the analysis of Earth remote sensing data processed in an appropriate algorithm. The resulting cartographic images, analyzed with the method of analysis of hierarchies - AHP (Analytic Hierarchy Process), made it possible to differentiate the area under study according to the value of the ecological potential. The AHP is a mathematical tool for a systematic approach to complex decision-making problems. The difference in the structure of the relief led to the development of high-altitude landscape belts. The structure of landscapes is very diverse, which is associated with a pronounced high-altitude zonation, contrasting relief, and severe sharply continental climate. There are slopes of high-mountain ranges with alpine-type relief here, mountain tundra, in combination with yerniks and low-growing larch woodlands. The lowered parts adjacent to the sides of the river valleys, as well as the flat-topped surfaces of the lower parts of the plateau, are occupied by larch forests with a developed moss-lichen cover. The northern macroslopes of the Kitoisky and Tunkinsky Goletz are occupied by dark coniferous Siberian stone pine-fir taiga. Fir forests grow in river valleys. A characteristic feature of the territory is the presence of steppes on the slopes of the southern exposure (expositional steppe). They are most widespread in the Oka Depression and the Oka River valley located in the central part. Forest-steppe geosystems have the greatest value of ecological potential.

Keywords: Eastern Sayan, Okinsky Plateau, integrated research, remote sensing data, relief, climatic data, vegetation indices, geosystems, ecological potential

Acknowledgements: the study was carried out at the expense of the state task (state registration number of the topic AAAA21-121012190017-5).

For citation: Vladimirov I. N., Vyrkin V. B., Kobylkin D. V. (2022) The estimation of an ecological potential of geosystems of the Okinsky Plateau. *Izvestiya Laboratorii drevnikh tekhnologii = Reports of the Laboratory of Ancient Technologies*. Vol. 18. No. 1. P. 76-88. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2415-8739-2022-1-76-88>

Введение

В настоящее время в географической науке активно развивается направление по изучению экологического потенциала геосистем. Направление призвано найти механизмы сохранения живой природы, а также рационального использования ее богатств. Экологический потенциал имеет свойство изменяться во времени в зависимости от природно-климатической обстановки, применения технологий на том или ином хронологическом этапе. В этом отношении данное понятие применимо в ходе комплексных палеогеографических, археологических и историко-географических исследований. Например,

для номадного животноводства определение экологического потенциала можно использовать для определения экологической емкости геосистемы и тем самым вычислить пределы роста поголовья скота.

В научный оборот понятие «природный потенциал ландшафта» было впервые введено Н. А. Солнцевым с формулировкой: «...те внутренние возможности, которые уготованы в ландшафте самой природой...» (Солнцев, 1948). Изучение природного потенциала является одним из стержневых направлений как в отечественной, так и в зарубежной науке. Понятие «природноресурсный потенциал территории» относится к ключевым концепциям географии

природных ресурсов, геоэкологии и природопользования (Исаченко, 1991). Для сравнительной характеристики различных регионов, в частности разности в обеспеченности природными ресурсами, оно оказалось удобным интегральным показателем. Между понятием ПРП и ЭП выделяется некоторое пересечение. Природно-ресурсный потенциал в определенном смысле можно рассматривать как сочетание природного и экологического потенциала пересечение, в связи с тем, что определенные виды природных ресурсов выполняют как экологические, так и производственные функции. Тем не менее ЭП рассматривается шире, поскольку он включает в себя не только природные ресурсы, но и природные условия. Между этими понятиями существует некоторое пересечение, поскольку определенные виды природных ресурсов выполняют как экологические, так и производственные функции. Однако в структуру экологического потенциала входят не только природные ресурсы, но и природные условия, в ряде случаев –

все они рассматриваются как экологические факторы.

Экологический потенциал ландшафта рассматривается в качестве фундаментального понятия экологической географии и географической теории взаимодействия человека и природы (Антипов, Семенов, 2006). Первые детальные исследования и научное обоснование экологического потенциала ландшафтов принадлежат А. Г. Исаченко (Исаченко, 1992).

Существует несколько определений экологического потенциала (рис. 1), но все они в основном сводятся к пониманию его как совокупности природных условий, необходимых для жизни и воспроизводства населяющих данную территорию организмов (Голубец, 2000; Гавриленко, 2008¹). Такие определения исходят из антропоцентрического подхода, базирующегося на требованиях человека к качеству среды обитания и ориентирующегося на потенциальную полезность природных объектов для человека и удовлетворения его потребностей.

Подход к оценке экологического потенциала за-

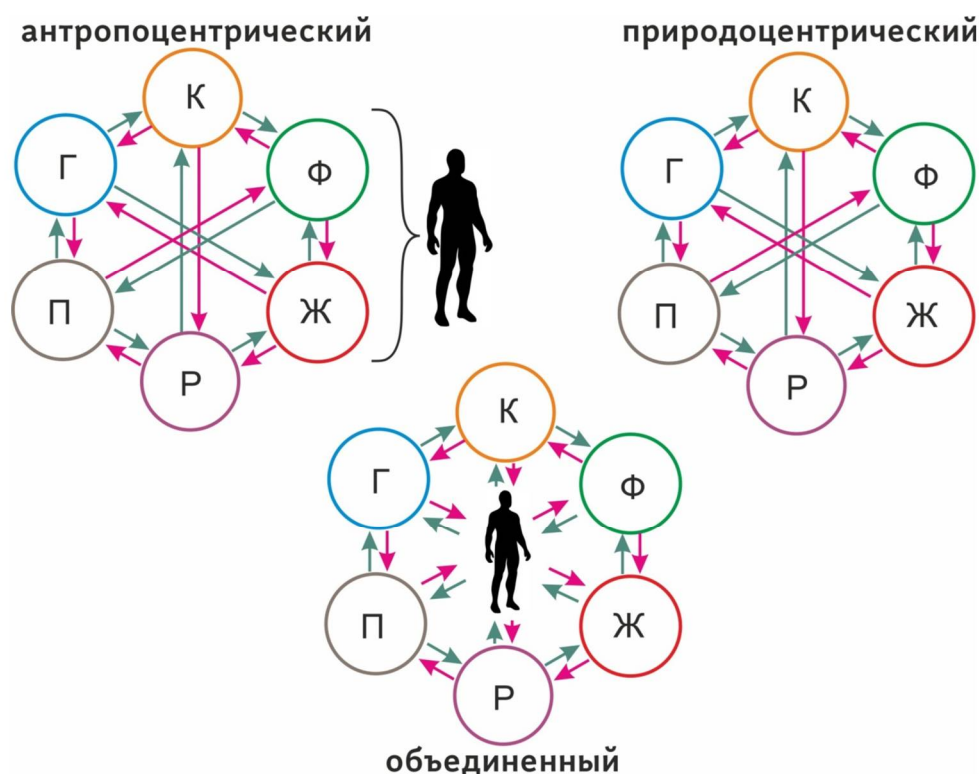


Рис. 1. Подходы к оценке экологического потенциала геосистем: (Г – гидросфера; П – почвы; геологическая среда; Р – растительность; Ж – животный мир; Ф – физические факторы; К – климат)

Fig. 1. Approaches to assessing the ecological potential of geosystems: (G - hydrosphere; P - soils; geological environment; P - vegetation; W - wildlife; F - physical factors; K - climate)

¹ Гавриленко О. П. Екогеографія України: навчальний посібник. Київ: Знання, 2008. 646 с.

висит от цели исследований. Задача природоцентрического подхода состоит в необходимости решения проблемы сохранения живой природы в целом и на определение качества самой природной среды. При этом основными критериями выступают показатели состояния компонентов геосистем и их функциональных связей. Если оценка проводится для определения влияния окружающей природной среды на благополучие человека или его хозяйственную деятельность, то используются критерии, которые описывают возможные последствия этого влияния (антропоцентрический подход).

Экологический потенциал в понимании И. Н. Владимировой (Владимиров, 2020) «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 биоты и человека при сохранении максимально возможных структурно-функциональных параметров геосистем». В целом формулировка отражает суть объединенного подхода к оценке.

В этом случае представление об экологическом потенциале геосистем опирается на конструктивное объединение двух подходов к его оценке – природоцентрического и антропоцентрического, с основным акцентом на первый, что обеспечивает рациональное экологически ориентированное природопользование, экологическую безопасность и предупреждение экологических рисков.

Методы исследования

Максимальное число всех возможных факторов, определяющих экологический потенциал геосистем, практически невозможен. В связи с этим их необходимо дифференцировать на главные, т. е. учитывающие их основной вклад в значение потенциала. Для определения наиболее значимых коэффициентов при расчете экологического потенциала использовался метод анализа иерархий – МАИ (Analytic hierarchy process) – одного из математических инструментов системного подхода к сложным проблемам принятия решений (Saaty, 1980). Этот критериальный метод получил исключительно широкое распространение и позволяет понятно и рационально структурировать

сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнивать и выполнять количественную оценку. В основу метода положено построение иерархической структуры, включающей цель, критерии, альтернативы и другие рассматриваемые факторы, которые могут повлиять на выбор. Каждый элемент иерархии может демонстрировать различные аспекты решаемой задачи. На следующем этапе анализа с помощью процедуры парных сравнений определяются приоритеты, представляющие относительную важность или предпочтительность элементов построенной иерархической структуры. Отличительная особенность МАИ – возможность обоснованно сравнивать разнородные факторы благодаря безразмерным приоритетам. На конечном этапе анализа происходит синтез (линейная свертка) приоритетов на иерархии, в результате чего определяются приоритеты альтернативных решений относительно главной цели. Альтернатива с максимальным значением считается лучшей (Vladimirov, 2018).

Процедура оценки ЭП состоит из комплексного анализа тематических и топографических карт, данных дистанционного зондирования Земли, заверенных в ходе полевых ландшафтных исследований. В ходе изучения и последующей камеральной обработки полученных результатов разработана мелко-масштабная классификация геосистем с присвоением каждому выделу значений ЭП по пятибалльной шкале, где высший балл показывает наиболее благоприятные условия для природопользовательских задач.

Для организации исследований экологического потенциала, факторов и условий, оказывающих влияние на его формирование, использовались:

- ЦМР, созданная на основе данных радарной топографической съемки SRTM;
- набор глобальных климатических данных WorldClim (<http://www.worldclim.org>) с пространственным разрешением 30 угловых секунд, что примерно соответствует 1 км²;
- данные о чистой первичной биологической продукции (Net primary production – NPP) – результат обработки данных дистанционного зондирования спектрорадиометра MODIS спутниковой системы Terra/Aqua (MOD 17);
- нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI);

– усовершенствованный вегетационный индекс (Enhanced vegetation index – EVI).

Для оценки экологического потенциала произведен перевод всех показателей к безразмерным величинам – проранжированы на 5 категорий: минимальные, низкие, средние, высокие, очень высокие значения.

Формула данной иерархической структуры выглядит следующим образом:

$$EP = (0,119H + 0,065A + 0,065S) + \\ + (0,129W + 0,129T_1 + 0,129T_7) + \\ + (0,232NPP + 0,067NDVI + 0,067EVI),$$

где H – высота (ранг), A – экспозиция (ранг), S – крутизна (ранг), W – среднегодовые осадки (ранг), T_1 – средняя температура января (ранг), T_7 – средняя температура июля (ранг), NPP – первичная биологическая продуктивность (ранг), $NDVI$ – вегетационный индекс NDVI (ранг), EVI – вегетационный индекс EVI (ранг).

Для оценки экологического потенциала произведен перевод всех показателей к безразмерным величинам – проранжированы на 5 категорий: минимальные, низкие, средние, высокие, очень высокие значения.

Ландшафтно-геоморфологическая характеристика

Окинское плоскогорье расположено в юго-восточной части Восточного Саяна (рис. 2). С юга ограничено Большим Саяном, разделенным на горные массивы Мунку-Сардык, с запада – Сенца-Тиссинский и Тисса-Дибинский. С севера граница проходит по предгорьям хребта Кропоткина, с юго-востока по хребтам Тункинские и Китойские Гольцы. Г. Ф. Уфимцев (Уфимцев, Щетников, Филинов, 2007), говоря о восточной границе плоскогорья, проводил ее по Главному Саянскому разлому, выраженному в рельефе сбросовыми уступами. Несмотря на относительно небольшие размеры, для него характерна сложность геолого-геоморфологического строения, придающая данной территории уникальный облик.

Геологическая основа плоскогорья представлена кристаллическими сланцами, известняками и доломитами протерозоя, палеозойскими гранитами и базальтовыми излияниями неоген-четвертичного возраста. Древняя денудационная поверхность, существовавшая на месте изучаемой территории, в финале неогена испытала обширные дифференцированные тектонические движения. Вдоль разломов, в ос-

новном широтного направления, происходило поднятие хребтов с трещинными излияниями базальтов, ныне бронирующих древнюю холмистую равнину.

В целом плоскогорье представляет собой систему морфоструктурных ступеней, существование которых было отмечено еще С. В. Обручевым (Обручев, 1946) и более подробно охарактеризовано Г. Ф. Уфимцевым (Уфимцев, Немчинов, 2001; Уфимцев, 2008). Морфоструктурные ступени дифференцируются благодаря генетическим факторам. Наиболее высокая первая ступень, с высотами до 2200–2650 м, представляет собой пологокупольные и плосковершинные массивы, с гольцовыми ландшафтами, в геологическом отношении являющимися палеозойскими интрузиями (Бельские и Сорокские Гольцы). Интервал высот от 1900 до 2100 м представлен широкими плоскими водоразделами с расширенными днищами троговых долин. К этой ступени плоскогорья относятся участки долин и междуречий рек Улзыты, Гаргана, Урика, верховья Оки, Иркута и Китоя, западный участок плоскогорья с широкими и плоскими междуречьями рек Сенцы, Тиссы и Диби. Интенсивный флювиальный врез на севере плоскогорья привел к формированию третьей морфоструктурной ступени. Особенным обликом рельефа обладает Окинская котловина, характеризующаяся широким террасированным днищем, врезанным во вторую ступень плоскогорья.

На формирование рельефа плоскогорья значительное влияние оказала ледниковая деятельность, результатом которой стало формирование холмистоморенного рельефа на юге плоскогорья, а также троговых долин рек (верховья Оки, Тустук, Улзыта и др.) и многочисленных озер ледникового происхождения. Роль, стадийность и характер оледенений до сих пор остаются дискуссионными и требуют специального изучения.

Плоскогорье входит в зону сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью 100–500 м и температурами от -1 до -5° С. Глубина сезонного талого слоя в летний период составляет от 70–80 см до 1,5 м в зависимости от абсолютных высот и экспозиции склонов. Активное развитие процессов промерзания-протаивания грунтов способствует широкому развитию криогенных и криогенно-склоновых процессов, отличающихся интенсивностью проявления в разных частях плоскогорья (Выркин, Масютина, 2017).

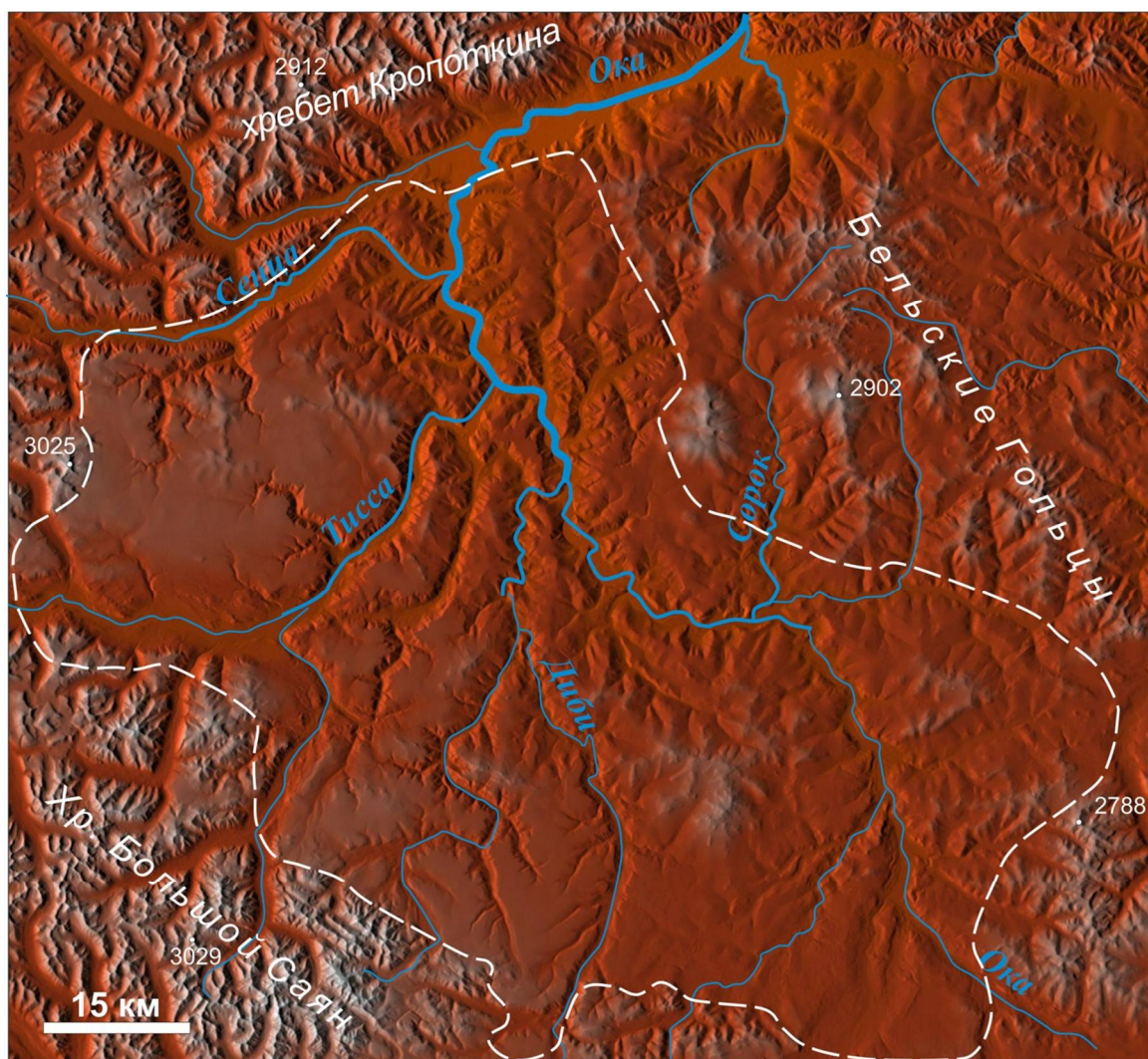


Рис. 2. Обзорная схема Окинского плоскогорья
 Fig. 2. Overview scheme of the Okinsky Plateau

Рассмотренные особенности рельефа плоскогорья, связанные со сложным сочетанием морфоструктурных ступеней (ярусностью), обязаны своим происхождением деятельности древнего вулканизма, оледенения и тектоническим движениям. В этом отношении Окинское плоскогорье – уникальный природный объект, сочетающий в себе как участки древней денудационной поверхности, так и поверхности, возникшие в результате взаимодействия современных тектонических движений и процессов экзогенного рельефообразования.

Климат относится к резко континентальному с коротким, относительно теплым летом, и продолжительной холодной зимой. Характер атмосферной циркуляции определяет температурный режим. Погода с отрицательными средними месячными температурами воздуха продолжается с октября по апрель.

Самый холодный месяц – январь, со средней температурой $-24,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и абсолютным минимумом $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$. Низкие температуры воздуха обусловлены сильным выхолаживанием его приземного слоя в условиях преобладания в зимний период антициклонической погоды. Наряду с низкими температурами воздуха иногда наблюдаются кратковременные оттепели с температурой $0-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная июльская температура воздуха составляет $13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а абсолютный максимум $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Амплитуда годовых экстремальных значений температуры воздуха равна $81\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Справочник..., 1991).

Характер распределения осадков определяется особенностями общей циркуляции атмосферы и рельефом. В целом за год выпадает 325 мм осадков, из них 95% в теплый период (май – сентябрь). Летом отмечаются грозы, нередко с градом. Снежный по-

кров возникает, как правило, в конце сентября (раннее его появление фиксируется в последнюю пятидневку августа, позднее – в конце октября). Средние даты образования устойчивого снежного покрова приходятся на начало ноября. В зависимости от погодных условий сроки его установления могут колебаться от первых чисел октября до последней пятидневки декабря. Характерной особенностью рассматриваемой территории является незначительное количество выпадающих зимой твердых осадков (в среднем 15 мм), в основном скапливающихся на наветренных склонах хребтов. Высота снежного покрова обычно не превышает 7 см, но в отдельные зимы может достигать 18 см. Снеготаяние проходит в период с третьей декады марта до середины мая.

Гидрографическая сеть плоскогорья представлена речной системой Оки, ее постоянными и временными водотоками различных порядков, множеством незначительных по площади озер (каровых, подпрудных, термокарстовых и тектонических), являющихся истоками многих водотоков. Ряд временных водотоков осуществляет сток в период снеготаяния и выпадения дождевых осадков (Многолетние данные..., 1987).

В формировании структуры ландшафтов исследуемой территории в соответствии с высотной поясностью основную роль играют лиственничные леса, характерные для горно-таежного пояса континентального и ультраконтинентального климатических секторов Алтае-Саянской горной области (Телятников, 2016). Различные варианты лиственничной тайги в зависимости от экспозиции склонов и абсолютной высоты создают сложную мозаику. Стыковое положение между степной и лесной природными зонами обусловило большое разнообразие видов растений. Степные элементы занимают в основном инсолируемые склоны южной экспозиции, которые вместе с лугами в долинах рек являются основными кормовыми угодьями. Степная растительность долины р. Оки представлена обедненными ассоциациями разнотравно-дерновиннозлаковых лугово-степных и мелкодерновиннозлаковых формаций с преобладанием петрофитных вариантов (Холбоева, 2013).

Субширотная ориентировка транзитной р. Оки в пределах этого района определяет асимметрию в ландшафтах в зависимости от экспозиции склонов. На склонах южной экспозиции выделяются два ланд-

шафтных пояса – лесостепной и горно-таежный. Северный макросклон полностью занят горно-таежными ландшафтами с абсолютным доминированием лиственницы с редкими вкраплениями ели и кедра.

В целом доминирующее положение среди ландшафтов этой территории занимают различные варианты лиственничных лесов и редколесий. Зависимость от крутизны, высоты и экспозиции склонов отражается на бонитете и видовом разнообразии древостоя. Соответственно, наиболее высоким классом бонитета и видовым разнообразием обладают леса, произрастающие на склонах южной экспозиции и по долинам рек.

Руслу рек района в холодное время года заняты большими по площади наледями, поэтому в их пределах сформировались своеобразные ландшафты наледных полей. На участках долин, лишенных наледей, на прирусловых валах, гривах, косах формируется пионерная растительность, представленная в основном молодыми побегами ивы, осоками. На более древних участках пойм в зависимости от их возраста главными компонентами являются заросли кустарников (ерники), травянистые ивово-осиновые, иногда тополево-лиственничные леса, местами с елью и кедром (Холбоева, 2011). На хорошо дренируемых участках надпойменных террас распространены суходольные разнотравные и разнотравно-злаковые луга, разнотравно-злаковые луговые степи.

Для решения поставленных задач по выявлению экологического потенциала геосистем целесообразно воспользоваться физико-географическим районированием, имеющим комплексный характер и отражающим пространственную дифференциацию территории. Одна из последних схем природного районирования изучаемого района, в том числе центральной части Окинского плоскогорья, предложена Э. Ц. Дамбиевым (Дамбиев, 2000). Схема отражает специфические черты изучаемой территории (рис. 3). Сочетание остепненных участков и лиственничной тайги характерно для плоскогорья, долин и котловин в бассейне р. Оки, темнохвойной тайги и высокогорных тундр в восточной и северной ее частях (Китойские гольцы, Окинский хребет), альпийского рельефа, лиственничной тайги, высокогорных тундр и фрагментов степей Восточного Саяна. Своеобразие геосистем провинции накладывает отпечаток на при-

родопользование. Это один из немногих районов России, где развито яководство.

Результаты исследования

Экологический потенциал геосистем. Экологический потенциал – 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 или элемент геосистемы в отдельности может служить объектом экологической оценки для выяснения степени его позитивного или негативного влияния на жизнь людей. Однако значение того или иного природного фактора зависит от его сочетания с другими свойствами геосистем. Следовательно, оценка природных экологических факторов должна быть комплексной – охватывать всю их совокупность и взаимные связи, воплощаемые в понятии экологического потенциала геосистем.

Для оценки экологического потенциала геосистем была построена GRID-модель. Все данные в ви-

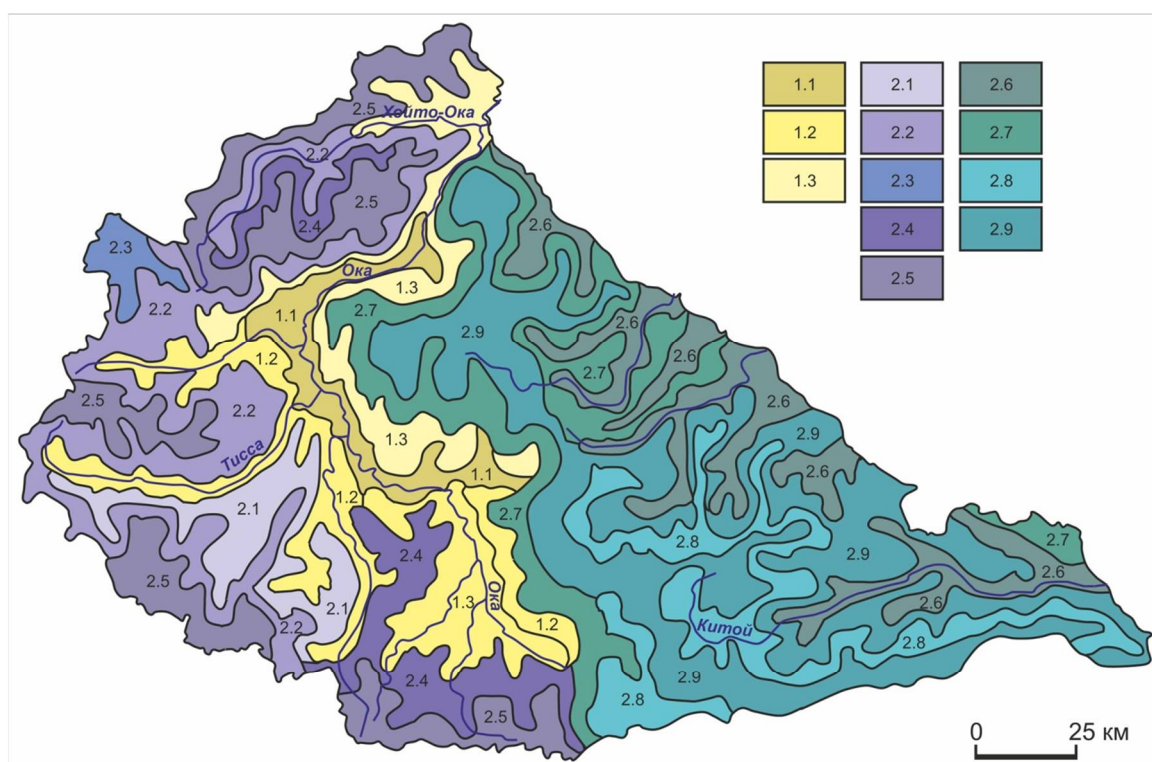


Рис. 3. Схема природного районирования юго-восточной части Восточного Саяна (по: Э. Ц. Дамбиеву, 2000). Легенда схемы: Восточно-Саянская высокогорно-гольцовая область. Окино-Саянская высокогорно-гольцовая и горно-долинная провинция: Окинский горно-долинный лесостепной округ. Ландшафтные пояса: 1.1. Окинский плоскогорный степной. 1.2. Тисса-Верхнеокинский горно-долинный лесостепной. 1.3. Внутригорный склоновый лиственничный. Саянский альпийнотипный гольцово-таежный округ. Подокруга Западный и Восточный. Ландшафтные пояса Западного подокруга: 2.1. Тиссинский склоновый лиственничный. 2.2. Дибинский склоновый ерниковый. 2.3. Хара-Нурский горный остепненный. 2.4. Хойто-Окинский склоновый тундровый. 2.5. Окинский высокогорный альпийнотипно-гольцовый. Ландшафтные пояса Восточного подокруга: 2.6. Бельско-Китойский горно-долинный лиственнично-темнохвойный. 2.7. Урикский склоновый темнохвойный. 2.8. Бельский склоновый ерnikово-тундровый. 2.9. Китойский высокогорный альпийнотипно-гольцовый
Fig. 3. Natural zoning map of the southeastern part of the Eastern Sayan (according to E. Ts. Dambiev, 2000). Map legend: East Sayan high-mountain-goletz region. The Oka-Sayan high-mountain-goletz and mountain-valley province: the Oka mountain-valley forest-steppe district. Landscape belts: 1.1. The Oka plateau steppe. 1.2. The Tissa-Upper Oka mountain-valley forest-steppe. 1.3. Intramountain slope larch. Sayan alpine-type goletz-taiga district. Subdistricts: Western and Eastern. Landscape belts of the Western subdistrict: 2.1. The Tissa slope larch. 2.2. The Dibi slope yernik. 2.3. Khara-Nur mountain steppe. 2.4. The Khoito-Oka slope tundra. 2.5. The Oka high-mountain alpine-goletz. Landscape belts of the Eastern subdistrict: 2.6. Bel'sk-Kitoi mountain-valley larch-dark coniferous. 2.7. The Urik slope dark coniferous. 2.8. Bel'sk slope yernik-tundra. 2.9. The Kitoi high-mountain alpine-goletz

де регулярных сетей: абсолютная высота (рис. 4, а), крутизна и экспозиция склонов (рис. 4, б), среднегодовые осадки (рис. 4, в), средняя температура января (рис. 4, г), средняя температура июля, значения вегетационных индексов NDVI и EVI (рис. 4, д), первичная биологическая продуктивность (NPP) (рис. 4, е), конвертированные в векторный вид, представляют собой массив регулярно распространенных точек (Vladimirov et al., 2019).

С учетом того, что природная среда продолжает эволюционно развиваться, в современных ландшафтах всегда присутствуют структурные черты ее будущего, они могут проявляться в коренных и устойчиво-производных геосистемах. Наиболее вероятно они формируются в зонах контакта различных природных зон (например, на границе таежной и степной зон), в разных зональных и высотно-поясных комплексах, имеющих свои особенности развития ландшафтно-географических процессов, и определяющие современный природный экологический потенциал геосистем.

Под природным (базовым) экологическим потенциалом понимается совокупность вещественно-энергетических ресурсов и свойств коренной геосистемы, обеспечивающих ее максимально возможные структурно-функциональные параметры и полезные функции, которые могут быть использованы человеком.

Экологический потенциал геосистем зависит как от ее природных свойств, так и от направления и форм существующего хозяйственного использования. Он рассматривается с различных точек зрения (социально-экономической, хозяйственной, функциональной и т. д.). По отношению к каждой функции геосистема характеризуется определенным природным потенциалом – способностью выполнять эту функцию, сохраняя при этом свою структуру и природные особенности. В отличие от функции геосистемы, которая задается ей извне, можно сказать «навязывается» обществом, экологический потенциал – ее внутреннее, естественное свойство, которое геосистема имеет по отношению к любой функции, независимо от того – выполняет она ее в данный момент или нет.

При хозяйственном использовании необходимо оценивать не только характеристики коренных геосистем (природный экологический потенциал), но и потенциальные возможности производных и антропо-

погенно-измененных геосистем. В основе этих возможностей лежит величина экологического потенциала коренной геосистемы, на месте которой в результате воздействия возникла производная геосистема с другой структурой и с другими вещественно-энергетическими свойствами. Для определения этих потенциальных возможностей предлагается использовать понятие «остаточный экологический потенциал» – совокупность вещественно-энергетических ресурсов и свойств геосистемы, сложившихся под влиянием хозяйственной деятельности, определивших современные структурно-функциональные параметры и полезные функции. Вещественно-энергетической базой остаточного экологического потенциала геосистемы является природный экологический потенциал.

Применение данного показателя для историко-археологических исследований связано с реконструкцией природно-климатических условий на том или ином хронологическом промежутке времени. Выявленное современное состояние геосистем и корреляция с историческими данными, разновременной космической съемкой, динамикой климатических трендов позволит в будущем разработать прогнозные и ретроспективные модели. В них может быть отражено изменение экологического потенциала для развития той или иной общественной модели, а также подход к решению проблемы экологической емкости ландшафта.

Заключение

На территории Окинского плоскогорья лесостепные геосистемы обладают наиболее высоким значением экологического потенциала, немного меньшим – горно-долинные лиственничные с включением ели и кедра, склоновые лиственничные геосистемы. Минимальное значение имеют высокогорные альпийско-гольцовые геосистемы, рассматриваемые как экологически экстремальные с высотными и экспозиционными контрастами тепло- и влагообеспеченности, а также с высокой интенсивностью стихийных деструктивных процессов.

Современные геосистемы в достаточной мере сохранили исходное (базовое или природное) состояние. Тем не менее в связи с развитием горнодобывающей промышленности все больше природных ландшафтов вовлекается в хозяйственный оборот.

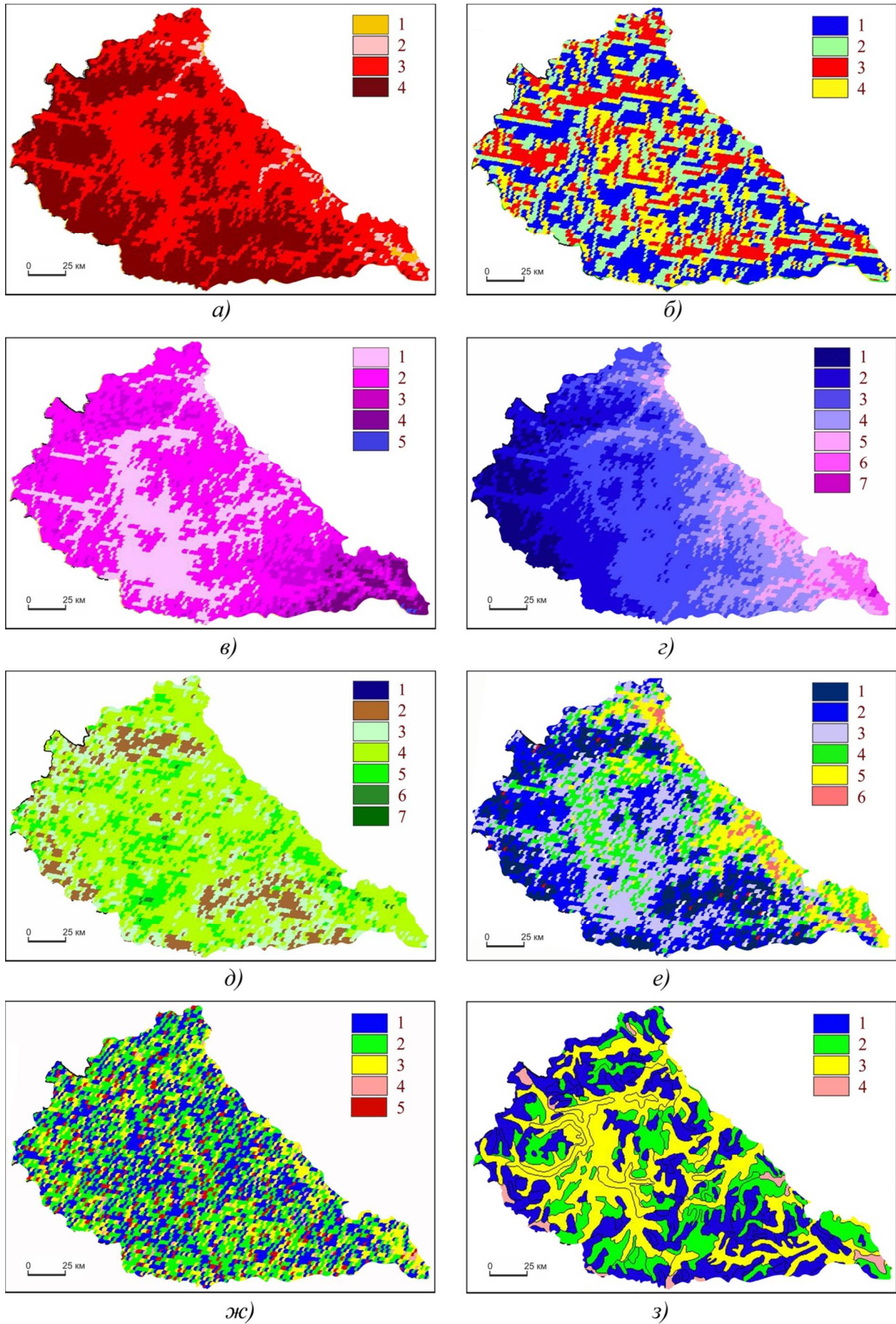


Рис. 4. (См. с. 86) / Fig. 4. (See p. 86)

Рис. 4 (с. 85). GRID-модель для расчета экологического потенциала геосистем Окинского района:

a – дифференциация по абсолютной высоте, м: 1 – менее 950, 2 – 950–1200, 3 – 1200–2000, 4 – выше 2000;

б – дифференциация по экспозиции склонов: 1 – северные, 2 – восточные, 3 – южные, 4 – западные;

в – среднегодовые осадки, мм/год: 1 – менее 400, 2 – 400–500, 3 – 500–600, 4 – 600–800, 5 – более 800; *г* – средняя температура января, °С: 1 – ниже -32, 2 – -32÷-30, 3 – -30- -28, 4 – -28- -26, 5 – -26÷-24, 6 – -24- -22, 7 – выше -22;

д – усовершенствованный вегетационный индекс (EVI): 1 – менее 0; 2 – 0–0,2; 3 – 0,2–0,3; 4 – 0,3–0,4; 5 – 0,4–0,5; 6 – 0,5–0,8; 7 – 0,8–1;

е – первичная биологическая продуктивность NPP, кг С/(м²/год): 1 – менее 1000, 2 – 1000–2000, 3 – 2000–3000, 4 – 3000–4000, 5 – 4000–5000, 6 – более 6000;

ж – экологический потенциал, регулярная сеть: 1 – минимальный, 2 – низкий, 3 – средний, 4 – высокий, 5 – очень высокий;

з – экологический потенциал, ландшафтная структура: 1 – минимальный, 2 – низкий, 3 – средний, 4 – высокий

Fig. 4 (p. 85). GRID model for calculating the ecological potential of geosystems in the Okinsky district:

a - differentiation with respect to absolute elevation, m: 1 - less than 950, 2 - 950-1200, 3 - 1200-2000, 4 - above 2000;

b - differentiation with respect to slope exposure: 1 - northern, 2 - eastern, 3 - southern, 4 - western;

c - mean annual precipitation, mm/year: 1 - less than 400, 2 - 400-500, 3 - 500-600, 4 - 600-800, 5 - more than 800;

d - mean January temperature, °C: 1 - below -32, 2 - -32 to -30, 3 - -30 to -28, 4 - -28 to -26, 5 - -26 to -24, 6 - -24 to -22, 7 - above -22;

e - enhanced vegetation index (EVI): 1 - less than 0; 2 - 0-0.2; 3 - 0.2-0.3; 4 - 0.3-0.4; 5 - 0.4-0.5; 6 - 0.5-0.8; 7 - 0.8-1;

f - net primary production NPP, kg C/(m²/year-1): 1 - less than 1000, 2 - 1000-2000, 3 - 2000-3000, 4 - 3000-4000, 5 - 4000-5000, 6 - more than 6000;

g - ecological potential, regular network: 1 - minimum, 2 - low, 3 - medium, 4 - high, 5 - very high;

h - ecological potential, landscape structure: 1 - minimum, 2 - low, 3 - medium, 4 - high

Современное представление об экологическом потенциале геосистем, опирающееся на конструктивное объединение двух подходов к его оценке – природоцентрического и антропоцентрического, с основным акцентом на первый, должно обеспечивать рациональное экологически ориентированное природопользование, экологическую безопасность и предупреждение экологических рисков. Выявление и оценка экологического потенциала геосистем образуют единый многоступенчатый процесс географического исследования, объединенный концепцией учения о геосистемах и общей целью формирования научного обоснования экологически ориентированного природопользования в регионе с учетом его природно-географических особенностей. Это особенно актуально для изучения Окинского плоскогорья,

представляющего собой сложную в природно-ландшафтном отношении территорию, которая к тому же обладает большими запасами различных природных ресурсов. Необходимость экологической рационализации природопользования обусловлена не только освоением природных ресурсов, но и уникальными физико-географическими условиями региона.

С использованием специальных оценочных карт природных условий и экологического потенциала геосистем появляется возможность дать общее представление об условиях существования в них людей, создать естественнонаучную основу для изучения современной среды обитания, которая в дальнейшем может стать отправной точкой для палеогеографических реконструкций.

Список источников

Антипов А. Н., Семенов Ю. М. Ландшафтное планирование в Прибайкалье // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 11–18.

Владимиров И. Н. Экологический потенциал геосистем Байкальской Сибири как основа оптимизации природопользования в регионе // География и природные ресурсы. 2020. № 5. С. 6–13.

Выркин В. Б., Масютина Ю. А. Современное экзогенное рельефообразование Окинского плоскогорья (Восточный Саян) // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 123–128.

References

Antipov A. N., Semenov Yu. M. (2006) Landscape planning in the Baikal region. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and natural resources*. No. 1. P. 11-18. (In Russ.).

Vladimirov I. N. (2020) The ecological potential of geosystems of Baikalian Siberia as the basis for nature management optimization in the region. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. No. 5. P. 6–13. (In Russ.).

Vyrkin V. B., Masyutina Yu. A. (2017) The modern exogenous landforming of the Okinsky Highland (Eastern Sayan). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Successes of modern natural science*. No. 12. P. 123-128. (In Russ.).

Дамбиев Э. Ц. Степные ландшафты Бурятии. Улан-Удэ : Изд-во Бурятского государственного университета, 2000. 198 с.

Исаченко А. Г. Экологический потенциал ландшафта // Известия Всесоюзного географического общества (ВГО). 1991. Т. 123. Вып. 4. С. 305–316.

Исаченко А. Г. Ресурсный потенциал ландшафта и природно-ресурсное районирование // Известия Русского географического общества (РГО). 1992. Т. 124. Вып. 3. С. 219–231.

Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Вып. 13: Бассейн р. Ангары. Л. : Гидрометеиздат, 1987. 363 с.

Обручев С. В. Орография и геоморфология восточной половины Восточного Саяна // Известия Всесоюзного географического общества. 1946. Т. 78. Вып. 5–6. С. 479–498.

Солнцев Н. А. Природный ландшафт и некоторые его общие закономерности // Труды II Всесоюзного географического съезда. 1948. Москва : Географгиз, 1948. Т. 1. С. 258–269.

Справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 23. Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Л. Гидрометеиздат, 1991. 604 с.

Телятников М. Ю. Растительность восточной части Восточного Саяна (высокогорный и горнолесной пояса). Новосибирск : Академиздат, 2016. 104 с.

Уфимцев Г. Ф. Горы Земли (климатические типы и феномены новейшего орогенеза). М. : Научный мир. 2008. 352 с.

Уфимцев Г. Ф., Немчинов В. Г. Окинское плоскогорье в новейшей структуре юга Восточной Сибири // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 6. С. 979–987.

Уфимцев Г. Ф., Щетников А. А., Филинов И. А. Окинское плоскогорье как особый элемент орографии Восточной Сибири // Геоморфология. 2007. № 4. С. 96–103.

Холбоева С. А. Структура растительного покрова Окинское плоскогорья (Восточный Саян) // Ученые записки Забайкальского госпедуниверситета им. Н. Г. Чернышевского. Сер. Биологические науки. 2011. № 1 (36). С. 214–217.

Холбоева С. А. Степная растительность долины р. Ока (Восточный Саян) // Растительность Байкальского региона и сопредельных территорий: Материалы Всероссийской школы-конференции с участием иностранных ученых (г. Улан-Удэ, 11–13 ноября 2013). Улан-Удэ : Изд-во Бурятского государственного университета, 2013. С. 81–84.

Dambiev E. Ts. (2000) Steppe landscapes of Buryatia. Ulan-Ude: Buryat University press, 198 p. (In Russ.).

Isachenko A. G. (1991) Ecological potential of the landscape. *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva (VGO) = Proceedings of the All-Union Geographical Society (VGO)*. Vol. 123. Iss. 4. P. 305-316. (In Russ.).

Isachenko A. G. (1992) The resource potential of the landscape and natural resource zoning. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva (RGO) = The Russian Geographical Society Herald (Russian Geographical Society)*. Vol. 124. Iss. 3. P. 219-231. (In Russ.).

(1987) Long-term data on the regime and resources of land surface waters. Vol. 1. RSFSR. Vol. 13. Angara River basin. Leningrad: Hydrometeoizdat. 363 p. (In Russ.).

Obruchev S. V. (1946) Orography and geomorphology of the eastern half of the Eastern Sayan. *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva = Proceedings of the All-Union Geographical Society (VGO)*. Vol. 78. Iss. 5-6. P. 479-498. (In Russ.).

Solntsev N. A. (1948) Natural landscape and some of its general patterns. *Trudy II Vsesoyuznogo geograficheskogo s'ezda = Proceedings of the II All - Union Geographical Congress*. Moscow: Geografiz. Vol. 1. P. 258-269. (In Russ.).

(1991) Handbook of the climate of the USSR. Ser. 3. Long-term data. Pt. 1-6. Iss. 23. Irkutsk region and the western part of the Buryat ASSR. Leningrad: Hydrometeoizdat. 604 p. (In Russ.).

Telyatnikov M. Yu. (2016) Vegetation of the eastern part of the Eastern Sayan (highland and mountain forest belt). Novosibirsk: Akademizdat. 104 p. (In Russ.).

Ufimtsev G. F. (2008) Mountains of the Earth (climatic types and phenomena of the latest orogeny). Moscow: Scientific world. 352 p. (In Russ.).

Ufimtsev G. F., Nemchinov V. G. (2001) Okinsky Plateau in the newest structure of the South of Eastern Siberia. *Geologiya i geofizika = Geology and Geophysics*. Vol. 42. No. 6. P. 979-987. (In Russ.).

Ufimtsev G. F., Shchetnikov A. A., Filinov I. A. (2007) Okinsky Plateau as a special element of the orography of Eastern Siberia. *Geomorfologiya = Geomorphology*. No. 4. P. 96–103. (In Russ.).

Kholboeva S. A. (2011) The structure of the vegetation cover of the Okinsky Plateau (Eastern Sayan). *Uchenye zapiski Zabaikal'skogo gospeduniversiteta im. N. G. Chernyshevskogo. Ser. Biologicheskie nauki = Scientific notes of the N. G. Chernyshevsky Trans-Baikal State University. The ser. Biological Sciences*. No. 1 (36). P. 214–217. (In Russ.).

Kholboeva S. A. (2013) Steppe vegetation of the Oka River valley (Eastern Sayan). *Rastitel'nost' Baikalskogo regiona i sopredel'nykh territorii: Materialy vserossiiskoi shkoly-konferentsii s uchastiem inostrannykh uchenykh (g. Ulan-Ude, 11–13 noyabrya 2013) = Vegetation of the Baikal region and adjacent territories. Materials of the All-Russian school-conference with the participation of foreign scientists (Ulan-*

Vladimirov I. N. The ecological potential of Baikal region's geosystems // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 190. 012017.

Vladimirov I. N., Vyrkin V. B., Ilyicheva E. A., Kobylkin D. V., Pavlov M. V., Li Zehong. Natural Conditions and Ecological Potential of Geosystems in the Central Part of the Oka Plateau (Eastern Sayan) // Geography and Natural Resources. 2019. Vol. 40, Issue 3. P. 264-274.

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

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

Информация об авторах

И. Н. Владимиров – доктор географических наук, директор,

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия.

В. Б. Выркин – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории геоморфологии, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия.

Д. В. Кобылкин – кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоморфологии, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия.

Вклад авторов

Владимиров И. Н. провел обобщение современных знаний об экологическом потенциале, на основе анализа данных дистанционного зондирования Земли выполнил расчеты значений экологического потенциала для геосистем Окинского плоскогорья.

Выркин В. Б. выполнил анализ литературных, экспедиционных данных о геоморфологическом строении Окинского плоскогорья.

Кобылкин Д. В. обобщил данные о ландшафтной структуре Окинского плоскогорья.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 25 января 2022 г.; одобрена после рецензирования 21 февраля 2022 г.; принята к публикации 9 марта 2022 г.

Ude, November 11-13, 2013). Ulan-Ude: Buryat State University. P. 81–84. (In Russ.).

Vladimirov I. N. The ecological potential of Baikal region's geosystems // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 190. 012017.

Vladimirov I. N., Vyrkin V. B., Ilyicheva E. A., Kobylkin D. V., Pavlov M. V., Li Zehong. Natural Conditions and Ecological Potential of Geosystems in the Central Part of the Oka Plateau (Eastern Sayan) // Geography and Natural Resources. 2019. Vol. 40, Issue 3. P. 264-274.

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

Golubets' M. A. (2000) Ecosystem science. L'viv: Polli. 316 p. (In Ukrainian).

Information about the authors

I. N. Vladimirov – Dr. Sci. (Geography), Director, V. B. Sochava institute of geography Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia.

V. B. Vyrkin – Dr. Sci. (Geography), Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Geomorphology, V. B. Sochava institute of geography Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia.

D. V. Kobylkin – Cand. Sci. (Geography), Head of the Geomorphology Laboratory, V. B. Sochava institute of geography Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk 664033, Russia.

Contribution of the authors

Vladimirov I. N. carried out a generalization of modern knowledge about the ecological potential, based on the analysis of remote sensing data of the Earth, performed calculations of the values of the ecological potential for the geosystems of the Okinsky Plateau.

Vyrkin V. B. performed an analysis of literary, expedition data on the geomorphological structure of the Okinsky Plateau.

Kobylkin D. V. summarized the data on the landscape structure of the Okinsky Plateau.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

The authors have read and approved the final manuscript.

Article info

The article was submitted January 25, 2022; approved after reviewing February 21, 2022; accepted for publication March 9, 2022.