

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 911.2 (571.5)

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-3(95-105)

И.Н. ВЛАДИМИРОВ\*, В.Б. ВЫРКИН\*, Е.А. ИЛЬИЧЁВА\*<sup>\*,\*\*</sup>,  
Д.В. КОБЫЛКИН\*, М.В. ПАВЛОВ\*, ЛИ ЦЗЕХУН\*\*\*

\*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, garisson@irigs.irk.ru, vyrkin@irigs.irk.ru,  
lenail@irigs.irk.ru, agrebrandt@inbox.ru, maksimpavlov\_v@mail.ru

\*\*Иркутский государственный университет,  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126, Россия, lenail@irigs.irk.ru

\*\*\*Институт географических наук и исследований природных ресурсов КАН,  
100101, Пекин, ул. Датун-Роуд, 11а, Китай, lizehong@igsnr.ac.cn

### ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОКИНСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

*Представлен комплексный анализ природных особенностей горных территорий Южной Сибири в рамках разработки методики оценки экологического потенциала геосистем на примере центральной части Окинско-Сорокского плоскогорья. Дано краткое описание рельефа и экзогенных процессов трех геоморфологических районов: Окинско-Сорокского, Окинско-Тустукского и Сорокско-Бельского, для которых характерно преобладание плосковершинных междуречий, склонов средней крутизны и глубоко врезанных речных долин. Отмечены основные черты климата и гидрологического режима рек района. Впервые проведена батиметрическая съемка оз. Саган-Нур и рассчитаны его морфометрические показатели. На основании данных о морфологии и донных осадках котловины генезис озера трактуется как гляциотектонический. Определены химический состав вод и донные отложения озера, которые могут характеризовать его как естественный незагрязненный водоем. Приведена схема природного районирования юго-восточной части Восточного Саяна. Составлена крупномасштабная ландшафтная карта фрагмента центральной части плоскогорья и отмечены основные виды растительности в его пределах. Выявленные особенности природных условий исследуемого района (рельефа, климата, поверхностных вод и ландшафтов) позволяют подойти к оценке экологического потенциала геосистем. Сочетание природо- и антропоцентричных подходов к оценке экологического потенциала геосистем открывает возможности для оптимального использования природных и человеческих ресурсов этого малообжитого, но богатого полезными ископаемыми района. На плоскогорье определяющим для оценки экологического потенциала геосистем является детальное изучение ландшафтов и их компонентов, хотя и прогноз возможного усиления влияния антропогенного фактора, и анализ последствий такого воздействия на природу также необходимы.*

Ключевые слова: плоскогорье, рельеф, речная сеть, озеро, ландшафты.

I.N. VLADIMIROV\*, V.B. VYRKIN\*, E.A. ILYICHEVA\*<sup>\*,\*\*</sup>, D.V. KOBYLKIN\*, M.V. PAVLOV\*, LI ZEHONG\*\*\*

\*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, garisson@irigs.irk.ru, vyrkin@irigs.irk.ru,  
lenail@irigs.irk.ru, agrebrandt@inbox.ru, maksimpavlov\_v@mail.ru

\*\*Irkutsk State University, 664033, Irkutsk, ul. Lermontova, 126, Russia, lenail@irigs.irk.ru

\*\*\*Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research CAS,  
100101, Beijing, Datun Road, 11a, China, lizehong@igsnr.ac.cn

### NATURAL CONDITIONS AND ECOLOGICAL POTENTIAL OF GEOSYSTEMS IN THE CENTRAL PART OF THE OKA PLATEAU (EASTERN SAYAN)

*The objective of this study is to make an analysis of the natural characteristics of the mountain territories in Southern Siberia as part of the development of the technique for assessing the ecological potential of geosystems by using the central part of the Oka Plateau as an example. A brief description of the relief and exogenous processes is provided for three geomorphological regions: Okinsko-Sorokskii, Okinsko-Tustukskii and Soroksko-Bel'skii, which are characterized by a predominance of flat-topped interflaves, slopes of moderate steepness and deeply incised river valleys. The main features of the climate and hydrological regime in the study area are emphasized. The first ever bathymetrical survey of Lake Sagan-Nur was made, and its morphometric indicators were calculated. On the basis of the morphology and bottom sediments of the lake basin, the genesis of the lake is treated as glaciotectonic. The chemical composition of the waters and the lake bottom sediments were determined,*

which may well characterize it as a natural unpolluted reservoir. The natural regionalization scheme for the southeastern part of Eastern Sayan is presented. The large-scale landscape map has been compiled for a portion of the central part of the plateau as well as indicating and the main species of vegetation within its boundaries. The identified features in the natural conditions of the study area (relief, climate, surface waters and landscapes) furnish a means of assessing the ecological potential of geosystems. A combination of the nature- and anthropocentric approaches in assessing the ecological potential of geosystems offers considerable scope for optimal use of natural and human resources of this area which sparsely populated but rich in mineral resources. On the plateau, a detailed study of landscapes and their components is crucial to the assessment of the ecological potential of geosystems, although forecasts of the possible enhancement in the influence of the anthropogenic factor and analysis of the consequences of such an influence on the natural environment are also required.

Keywords: plateau, relief, river network, lake, landscapes.

## ВВЕДЕНИЕ

Окинское плоскогорье является малоизученным районом Восточного Саяна и представляет собой уникальную в природно-ландшафтном отношении территорию в южной части субконтинента Северная Азия. Обладая относительно небольшими размерами, плоскогорье отличается многообразием как геолого-геоморфологических, так и ландшафтных особенностей. Его центральная часть включает среднегорья в бассейнах верхнего течения р. Оки и ее притоков — рек Сорок и Тустук. Наши исследования этого района были сконцентрированы прежде всего в его южной части, в которой отражены многие типичные черты природы плоскогорья (рис. 1).

Окинское плоскогорье в силу своих географических и исторических условий развития имеет множество характерных черт, определяющих современный природный экологический потенциал геосистем, изучению которого в основном и посвящена данная работа. Существующие определения экологического потенциала в основном сводятся к пониманию его как совокупности природных условий, необходимых для жизни и воспроизводства населяющих данную территорию организмов [1–3]. Такие определения связаны с традиционным антропоцентрическим подходом, базирующимся на требованиях человека к качеству среды обитания и ориентирующимся на потенциальную полезность природных объектов для человека и удовлетворения его потребностей, т. е. определяющим природу как кладовую разнообразных природных ресурсов.

А.Г. Исаченко подчеркивал фундаментальное значение понятия экологического потенциала и определял его как «способность ландшафта обеспечивать потребности населения во всех необходимых первичных (т. е. собственно экологических, не связанных с производством) средствах существования — тепле, воздухе, воде, источниках пищевых продуктов, а также в природных условиях трудовой деятельности, отдыха, лечения и духовного развития...» [4, с. 6].

На наш взгляд, при оценке экологического потенциала геосистем необходимо опираться на конструктивное объединение двух подходов — природоцентрического и антропоцентрического, которое

предполагает понимание сути природных процессов, изучение объектных отношений между компонентами геосистем и обеспечивает рациональное экологически ориентированное природопользование.

Такое толкование связано с пониманием предельности естественного потенциала природной среды, а также с резко возрастающим антропогенным воздействием на природные геосистемы и их компоненты. Соответственно, природный экологический потенциал в полной мере зависит от стабильности и ненарушенности структурных особенностей компонентов и всех функциональных связей геосистем.

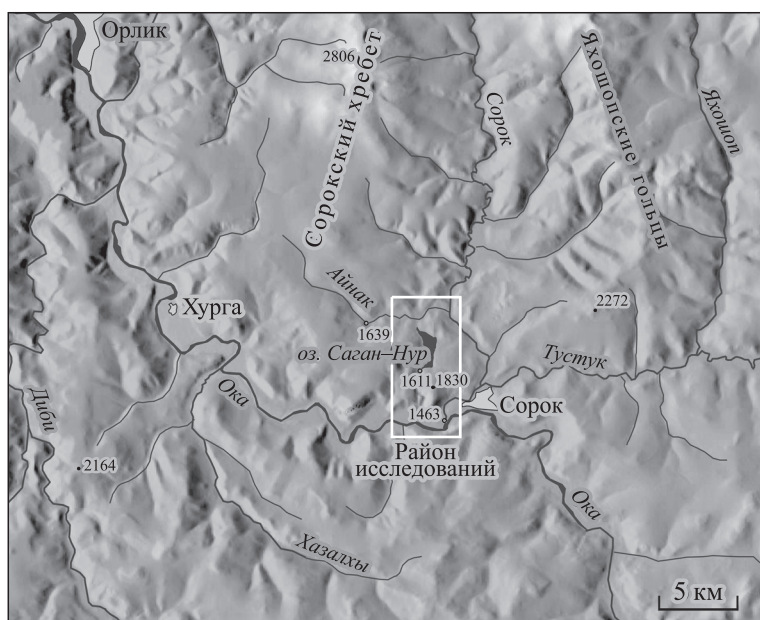


Рис. 1. Центральная часть Окинского плоскогорья и район исследований.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу данной работы положены натурные полевые физико-географические исследования природных комплексов центральных районов Окинского плоскогорья, проведенные в 2015–2017 гг. Были изучены геоморфологические, гидроклиматические и ландшафтные условия региона.

Впервые выполнена батиметрическая съемка котловины оз. Саган-Нур с эхолотом Garmin Gps-стар 585 с системой глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС, позволяющим получать непрерывный поток данных о глубине и поверхностной температуре воды с точностью 0,1 м и 0,1 °С соответственно. Данные съемки записываются в автоматическом режиме на цифровой носитель информации. Съемка глубин сделана по профилям с шагом в 100 м. Одновременно со съемкой глубин проводилось описание характера берегов озера и донных отложений в прибрежной части. Также выполнены отбор проб воды и донных отложений и их анализ (определялись водородный показатель, гидрокарбонаты, фосфаты, нитраты, нитриты, ион аммония, хлориды, сульфаты, взвешенные вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы, гранулометрический состав). Пробы воды отобраны из озера с глубины 0,5 м батометром-бутылкой и с поверхности из ручья Нур-Холой; донные отложения озера отобраны дночерпателем с различных глубин.

Для визуализации характера рельефа и генетического обоснования рельефа подводной части котловины озера данные промеров глубин обработаны в геоинформационной системе QGIS с использованием инструментов TIN-моделирования. Береговая линия построена по данным дистанционного зондирования WorldView-3 с разрешением 0,31 см (их актуальность соответствует лету и осени 2014 г.) и дополнена точками позиционирования при полевых наблюдениях осенью 2015 г. Абсолютная отметка уреза озера получена с топографической карты<sup>1</sup>. Имеющиеся в нашем распоряжении картографические материалы не отвечают точности выполняемых задач, поэтому для отображения рельефа бассейна озера, морфометрических расчетов и построений нами использованы модели земной поверхности Aster GDEM (с ошибкой в плане до 8,8 м и по высоте до 6,2 м). Создана цифровая гипсометрическая модель рельефа дна оз. Саган-Нур, его бассейна и прилегающих территорий, которая легла в основу построений продольных и поперечных профилей котловины озера и тематических схем.

Для установления природных экологических факторов, определяющих экологический потенциал геосистем, и его оценки использовался метод анализа иерархий — МАИ (Analytic Hierarchy Process) — математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений [5]. Этот метод относится к классу критериальных и позволяет рационально структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнивать и выполнять количественную оценку. В МАИ анализ проблемы принятия решений начинается с построения 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 [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Геоморфологическое строение.** Окинское плоскогорье охватывает юго-восточную часть Восточного Саяна. Абсолютные высоты его поверхности — 1100–2900 м. Со всех сторон оно ограничено альпипинотипными горными массивами с отметками до 3000 м и выше. Основные морфологические особенности плоскогорья, отнесенного Г.Ф. Уфимцевым [7] к сибиретипным горам, — это наличие останцов мел-палеогеновой поверхности выравнивания, которые на значительных участках бронированы покровами неогеновых базальтовых лав, следов плейстоценовых оледенений и разновысотных морфоструктурных ступеней. Существование последних было отмечено еще С.В. Обручевым [8] и более подробно охарактеризовано Г.Ф. Уфимцевым с соавт. [9]. Они выделяют две морфоструктурные ступени. Первая отличается наибольшими высотами, до 2200–2650 м, и представляет собой поло-

<sup>1</sup> Топографическая карта СССР. М-6 1:100 000. — Генштаб, 1984. — 1 л.

купольные и плосковершинные гольцовые массивы, которые в геологическом отношении являются гранитными интрузиями палеозойского возраста (Бельские и Сорокские гольцы). Вторую же ступень плоскогорья, находящуюся в интервале высот от 1900 до 2100 м, можно охарактеризовать как сложное сочетание широких плоских водоразделов с расширенными днищами троговых долин.

В тектоническом отношении основная часть плоскогорья расположена в пределах Окинско-Тустукского протерозойского синклинория. В геологическом строении его центральной части принимают участие неоген-четвертичные базальты, палеозойские граниты, породы протерозоя, сложенные кристаллическими сланцами, известняками и доломитами. На этой территории широко распространены участки древней денудационной поверхности, которые на юго-западе бронируются базальтовыми покровами неогенового возраста.

Центральная часть плоскогорья обладает большим многообразием форм рельефа и включает в себя фрагменты трех геоморфологических районов: Окинско-Тустукского высокогорного с участками базальтовых и денудационных плато, представленными пологокупольными и плосковершинными поверхностями водоразделов; Окинско-Сорокского среднегорного, с участками денудационных и базальтовых плато, глубоко расчлененных современной эрозионной деятельностью, со следами воздействия ледников; Сорокско-Бельского высокогорного пологокупольных гранитных массивов, глубоко расчлененных эрозионной сетью, без следов активной ледниковой деятельности [10].

Территория Окинско-Тустукского района характеризуется расчлененным рельефом, преобладанием плоских и слабоволнистых водоразделов, представленных участками базальтовых и денудационных плато с врезанными в них долинами водотоков. На многих участках района наблюдаются следы древней ледниковой деятельности (бараньи лбы, трог Тустука), а также рек Улзыты и Гаргана в их верхнем и среднем течении, боковые и конечные моренные гряды.

Для территории района характерно многообразие процессов современного экзоморфогенеза. Флювиальный рельеф представлен хорошо сформированным пойменно-террасовым комплексом долины Оки. Практически на всем ее протяжении фиксируются пойма высотой 2–3 м и надпойменные террасы высотой 4–6 и 10–12 м, сложенные валунно-галечниковым материалом с песчано-супесчаным заполнителем, иногда прослеживаются и более высокие террасовые уровни [11]. Террасы Улзыты и Гаргана начинают фиксироваться только в их нижнем течении. Долина Улзыты в пределах района на участке среднего течения обладает поймой и лишь в нижнем течении появляется первая надпойменная терраса. Типы руслового процесса на реках выделенного района сменяются от свободного меандрирования до русловой многоорукавности.

На наиболее высоких водоразделах (выше 2000 м) развиваются процессы курумообразования. Особенно они распространены в междуречьях Тустука и Улзыты, Диб и Оки. Более низкие междуречья характеризуются широким развитием неактивных каменных россыпей. Сейчас на таких участках происходят процессы криогенеза, связанные лишь с местным перемещением вещества.

Морфологический облик Сорокско-Бельского района определяется преобладанием в рельефе пологокупольных массивных водоразделов, в которые на значительную глубину врезаны долины. Эта территория имеет разветвленную речную сеть. На Сорокских и Бельских гольцах берут свое начало одноименные реки Сорок и Большая Белая.

Из всего многообразия процессов современного экзогенного морфогенеза на территории района в первую очередь следует отметить основную роль криогенно-склоновых и криогенных процессов в морфогенезе. Для современного экзогенного рельефообразования района характерно интенсивное развитие процессов курумообразования. Курумами здесь покрыты наибольшие для территории Окинско-Сорокского плоскогорья площади, т. е. практически все вершины и склоны гольцовых массивов с крутизной 15–20°.

Окинско-Сорокский район отличается узкими плосковершинными или слабовыпуклыми участками древней денудационной поверхности и базальтовых плато, в которые на большую глубину врезаны долины рек. Абсолютные высотные отметки находятся в пределах 1500–2200 м, с отдельными вершинами, достигающими 2200 м. На правобережье Оки, в районе рек Сорок и Тустук, фиксируются следы плейстоценовых оледенений, таких как, например, бараньи лбы. Озеро Саган-Нур, расположенное западнее долины Сорока, имеет тектоно-гляциальное происхождение.

Поверхность района значительно расчленена эрозией. Так, р. Ока врезается на глубину более 1500 м у устья р. Сорок и до 1300 м возле устья р. Сенцы. Превышение вершин водоразделов над днищами долин достигает 700 м. Наиболее часто встречающийся морфодинамический тип русел — врезанный. Однако для некоторых участков характерна русловая многоорукавность. Ока в пределах района характеризуется хорошо выраженным пойменно-террасовым комплексом. Морфологически

четко определяются два уровня поймы — 1,5 и 2 м — и 5-, 12–13- и 18–21-метровые уровни надпойменных террас [11]. Более высокие террасы прослеживаются фрагментарно.

Для крутых склонов долин характерно проявление гравитационно-склоновых процессов. Наибольшую интенсивность они приобрели в районе скалы Жабылхай и в долине ручья Нур-Холой. Ущелье под скалой Жабылхай было описано С.В. Обручевым [12] как ярусная долина. По его определению, это узкая ложбина на склоне ледниковой долины, промытая водами, текшими вдоль края ледника. В ходе полевых работ авторами был обследован этот участок, представляющий собой ущелье с крутыми обрывистыми стенками, полностью заполненное обвально-осыпным материалом в днище, и выяснено, что следов аллювия здесь нет. Судя по характеру морфологии и типу четвертичных отложений, наиболее вероятно, что данная форма рельефа является результатом образования сейсмообвала с элементами сейсмооползания. Поэтому на данный момент трактовка ущелья Жабылхай как ярусной долины представляется спорной.

В долине ручья Нур-Холой, сформированного по зоне активных неотектонических разломов различного направления и расположенного восточнее описанного выше ущелья, на крутых скалистых уступах интенсивно происходят процессы осыпания и обваливания, формирующие мощные конусы аккумуляции, которые местами полностью заваливают русло ручья, заполненное обвально-осыпным материалом с глыбами размером до 5–6 м, в результате чего здесь поверхностный сток преобразуется в подземный.

**Климат и гидрография.** Климат рассматриваемой территории резко континентальный с холодной продолжительной зимой и коротким относительно теплым летом. Температурный режим связан в первую очередь с характером атмосферной циркуляции. Среднегодовая температура воздуха  $-5,1$  °С [13]. Период с отрицательными средними месячными температурами воздуха продолжается с октября по апрель. Самый холодный месяц — январь, средняя температура которого  $-24,4$  °С, абсолютный минимум  $-48$  °С. 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  $0-7$  °С. Среднемесячная июльская температура воздуха составляет  $13,1$  °С, а абсолютный максимум  $33$  °С. Амплитуда годовых экстремальных значений температуры воздуха равна  $81$  °С [13].

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 покров возникает, как правило, в конце сентября (раннее его появление фиксируется в последнюю пятнадцатку 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 пятнадцатки 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. Речная сеть хорошо развита (коэффициент ее густоты до  $1$  км/км<sup>2</sup>), уклоны рек  $5-10$  ‰, в истоках отдельных рек —  $30-50$  ‰, русла порожистые с бурным течением. Долины с частым чередованием сужений и расширений, резко меняющие направление, в большинстве случаев V-образные, нередко представляют собой ущелья и только в верховьях, на участках с ледниковым рельефом, — троговые.

Ока, основная дренирующая артерия центральной части плоскогорья, — одна из самых крупных рек Восточного Саяна. Ее общая длина составляет  $630$  км, площадь водосбора —  $34$  тыс. км<sup>2</sup>, питание преимущественно дождевое. Ока замерзает в конце октября–начале ноября, а вскрывается в конце апреля–начале мая. Половодье проходит в начале лета, осложняясь высокими дождевыми паводками, режим реки относится к дальневосточному типу. Сочетание сложных природных условий, таких как распределение и интенсивность атмосферных осадков, горный рельеф местности и характер подстилающих пород, определяющих специфику гидрологического режима, нередко приводит к возникновению опасных гидрологических явлений и процессов, таких как наводнения различного генезиса, образование наледей, сход снежных лавин, осыпей и оползней.

В целом водотоки района относятся к Восточно-Саянскому гидрологическому району с относительно низким весенне-летним половодьем, паводками, превышающими половодье, и низкой зимней меженью. Продолжительность дождевых паводков в верхнем течении Оки составляет 8–19 сут [14], а их максимумы превышают пики весеннего половодья. Наибольшие дождевые паводки наблюдаются в июле–августе. В это время происходит затопление поймы и прилегающих территорий.

Зимняя межень низкая и продолжительная. Наименьший зимний сток отмечается в марте. Малые водотоки почти ежегодно промерзают до дна, и сток в них отсутствует. Ледостав продолжительный — от 192 до 214 дней, с ноября по май, толщина льда на реках составляет 175 см и более [15]. На перекатах реки часто перемерзают, образуя наледи, которые обычно размываются тальми водами и к началу июля полностью исчезают. Образование наледей — распространенное явление. Их мощность может быть весьма внушительной — более 2 м. Наледи, помимо речных, в местах разгрузки подземных вод отмечаются и на склонах.

**Озеро Саган-Нур.** Это озеро — один из наиболее примечательных географических объектов плоскогорья, изученных очень слабо. Оно расположено в центральной части Окинского плоскогорья Восточного Саяна, в междуречье Оки и Сорока. Озеро сформировано в межгорном понижении с площадью водосборного бассейна ( $A_{\text{басс}}$ ) 8,5 км<sup>2</sup> и окружено плосковершинными горами с высотами до 1734–1824 м. На уплощенных водоразделах, сложенных метаморфическими сланцами и бронированных неогеновыми платобазальтами, и в бортах котловины наблюдаются высыпки валунно-глыбово-галечного материала преимущественно гранитного состава [16]. Урез озера, по данным топографической карты<sup>2</sup>, составляет 1611,7 м. Однако, по материалам наших полевых работ 2015 г., в озере отмечается более высокий уровень (до 43 см), фиксируемый по штриховке на скальных участках берегов. Саган-Нур вытянут с севера на юг на 3,2 км и формой напоминает растущий полумесяц; площадь зеркала ( $A$ ) небольшая — 1,2 км<sup>2</sup>; объем водной массы — 0,01 км<sup>3</sup>. Береговая линия (длина 7,7 км) плавно очерчивает конфигурацию склонов. Коэффициент изрезанности озера равен 1,99, емкости — 0,37, удлиненности — 8,9, открытости — 142,7.

По материалам батиметрической съемки 2015 г., озерную котловину можно разделить на две чаши — северную с максимальными глубинами до 23 м и южную с глубинами до 19 м, разделенные перешейком шириной 140–160 м, где глубины резко уменьшаются до 11 м (рис. 2). Средняя глубина озера — 8,4 м, максимальная ширина приурочена к северной котловине и составляет 860 м при средней ширине 360 м (см. рис. 2).

Показатель удельного водосбора озера составляет  $\Delta F = A_{\text{басс}}/A = 7,1$ , следовательно, Саган-Нур относится к группе малых водоемов с замедленным водообменом ( $\gamma = v/w_{\text{руч}}$ ) 200 лет.

Анализ морфометрических показателей котловины озера вместе с комплексным ее изучением позволяет дополнить характеристику озера как объекта, образованного в переуглубленном ледниковой эрозией днище долины [16, 17]. Не вызывает сомнения активное участие Сорокского ледника и его Айнакского притока в образовании озера. Однако следует также учесть, что сама котловина сформирована в зоне активного тектонического дробления земной коры, выраженного в этом районе и зафиксированного в узком линейном углублении осевой части озера, которое совпадает с трассой разлома, протягивающегося на юг по долине руч. Нур-Холой до р. Оки.

Воды озера и ручья прозрачные до дна, имеют буроватый оттенок, ультрапресные (минерализация менее 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), нейтральные (рН = 6,5–7,5), гидрокарбонатно-кальциево-магниевые-натриевые, относятся к классу «очень чистые». Питание озера происходит в основном за счет атмосферных осадков, выпадающих на поверхность водосбора, нельзя исключать и некоторую долю подземного притока в котловину, поскольку в водах в незначительных концентрациях присутствуют кремний, железо, марганец, стронций и медь.

Донные отложения восточного берега преимущественно представлены плохо окатанными глыбами и валунами. На южной оконечности озера, в истоке руч. Нур-Холой, наблюдаются плохо окатанные пластины вулканогенных образований, выступающие над урезом озера на 40–50 см остроконечными выступами. Практически весь западный берег заболочен, осадки представлены опесчаненным илом. Центральная часть западного берега вдается в водоем песчано-валунным конусом выноса, сформированным временным водотоком. Донные отложения глубоких частей озера представлены опесчаненными илами, мощность которых к настоящему времени не определена. В пробе донных отложений с глубины 19–22 м выявлены умеренные концентрации тяжелых металлов: Zn — 79,5 мг/кг; Cu — 59,8;

<sup>2</sup> Топографическая карта СССР. М-б 1:100 000. — Генштаб, 1986. — 1 л.

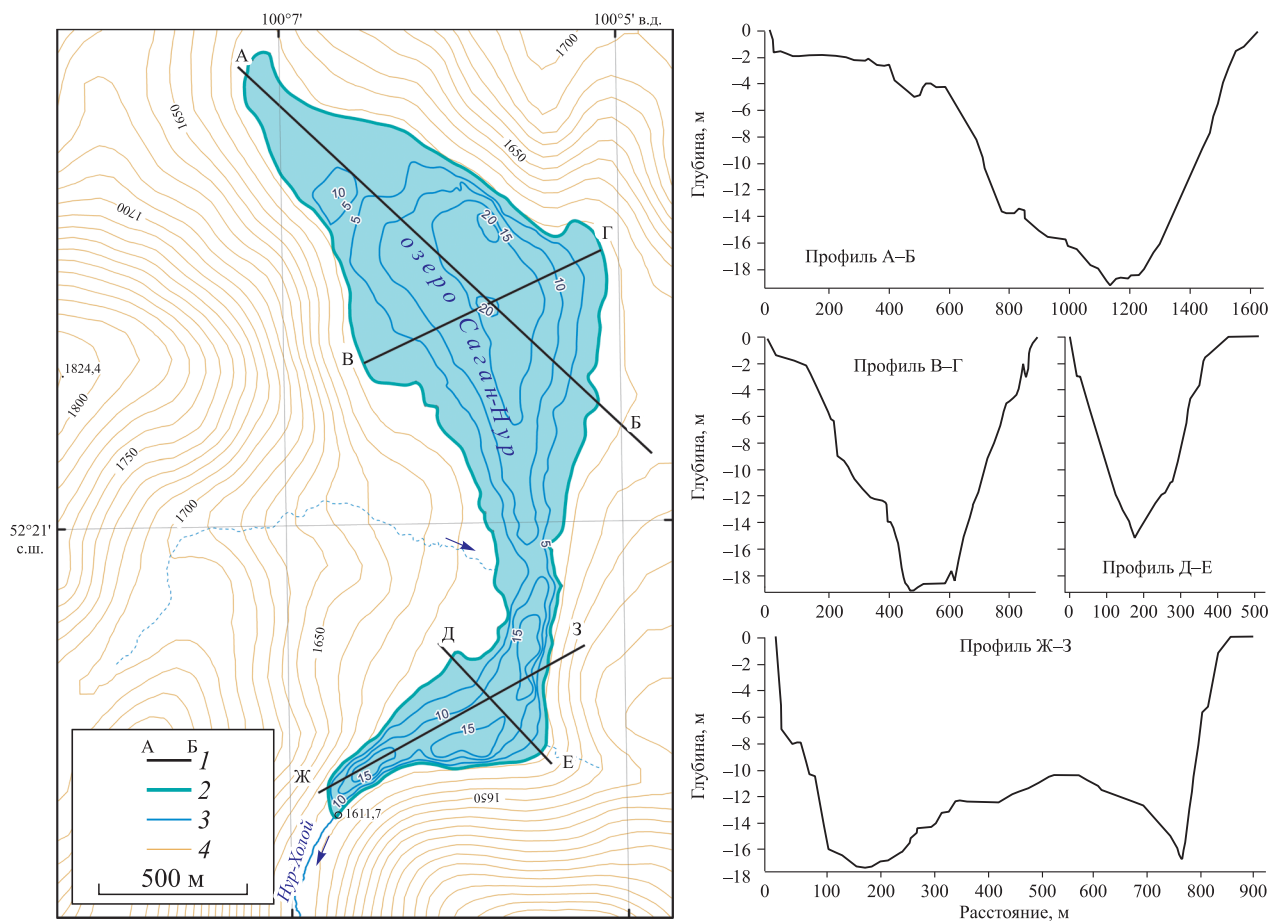


Рис. 2. Батиметрическая схема и профили оз. Саган-Нур.

1 — батиметрические профили; 2 — береговая линия; 3 — изобаты (через 5 м); 4 — горизонталы (через 10 м).

Pb — 10,1 мг/кг, а содержание фенолов и нефтепродуктов соответствует естественным незагрязненным водоемам.

**Ландшафты.** 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 [18]. Схема отражает специфические черты изучаемой территории. 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 (Китайские гольцы, Окинский хребет), альпинотипного рельефа, лиственничной тайги, высокогорных тундр и фрагментов степей Восточного Саяна. Своеобразие геосистем провинции накладывает отпечаток на природопользование. Это один из немногих районов России, где развито яководство.

В формировании ландшафтной структуры 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 [19]. 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 [20].

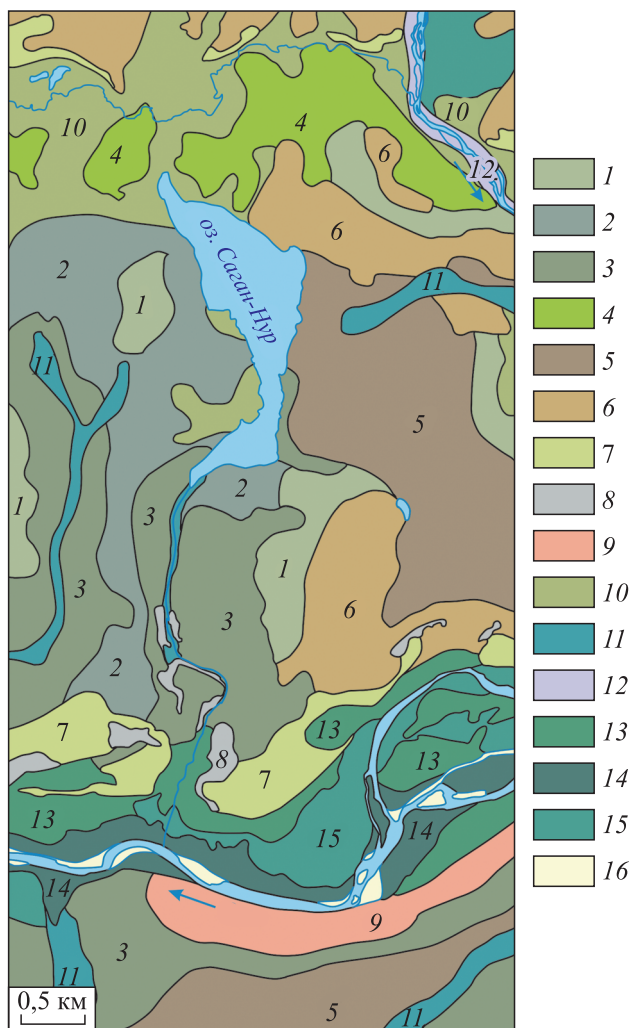


Рис. 3. Ландшафты фрагмента территории центральной части Окинского плоскогорья.

Ландшафты: 1 — водоразделов лиственнично-редколесные кустарниково-кустарничково-лишайниково-моховые, 2 — приводораздельных пологих склонов лиственнично-редколесные кустарниково-лишайниково-моховые, 3 — крутосклонные лиственничные с примесью березы и единичными кедром, 4 — пологих склонов и выположенных поверхностей лиственнично-редколесные лишайниково-моховые, 5 — пологих склонов бугристо-западинные лиственничные зеленомошные, 6 — склонов южной экспозиции разной крутизны лиственнично-березово-кедровые, 7 — склонов южной экспозиции разной крутизны с криопетрофитной степной растительностью, 8 — крутых скалистых склонов с каменными россыпями с пионерной травянистой и мохово-лишайниковой растительностью, 9 — долинных крутосклонные осыпные с единичными лиственницами, 10 — придолинные лугово-болотные, иногда с единичными елями и лиственницами, 11 — долинных малых водотоков лиственничные, 12 — наледных полей, 13 — долинных на аллювиальных террасах лиственничные, 14 — пойменные тополево-березово-лиственничные, 15 — пойменные лугово-болотные и луговые, 16 — гривы, косы в долинах рек с пионерной растительностью.

Субширотная ориентировка транзитной р. Оки в пределах этого района определяет асимметрию в ландшафтах в зависимости от экспозиции склонов. На склонах южной экспозиции выделяются два ландшафтных пояса — лесостепной и горно-таежный. Северный макросклон полностью занят горно-таежными ландшафтами с абсолютным доминированием лиственницы с редкими вкраплениями ели и кедр.

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 [21]. На хорошо дренируемых участках надпойменных террас распространены суходольные разнотравные и разнотравно-злаковые луга, разнотравно-злаковые луговые степи.

Типичный характер пространственного распространения и состава ландшафтов центральной части плоскогорья показан на примере фрагмента карты окрестностей оз. Саган-Нур (рис. 3).

**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.



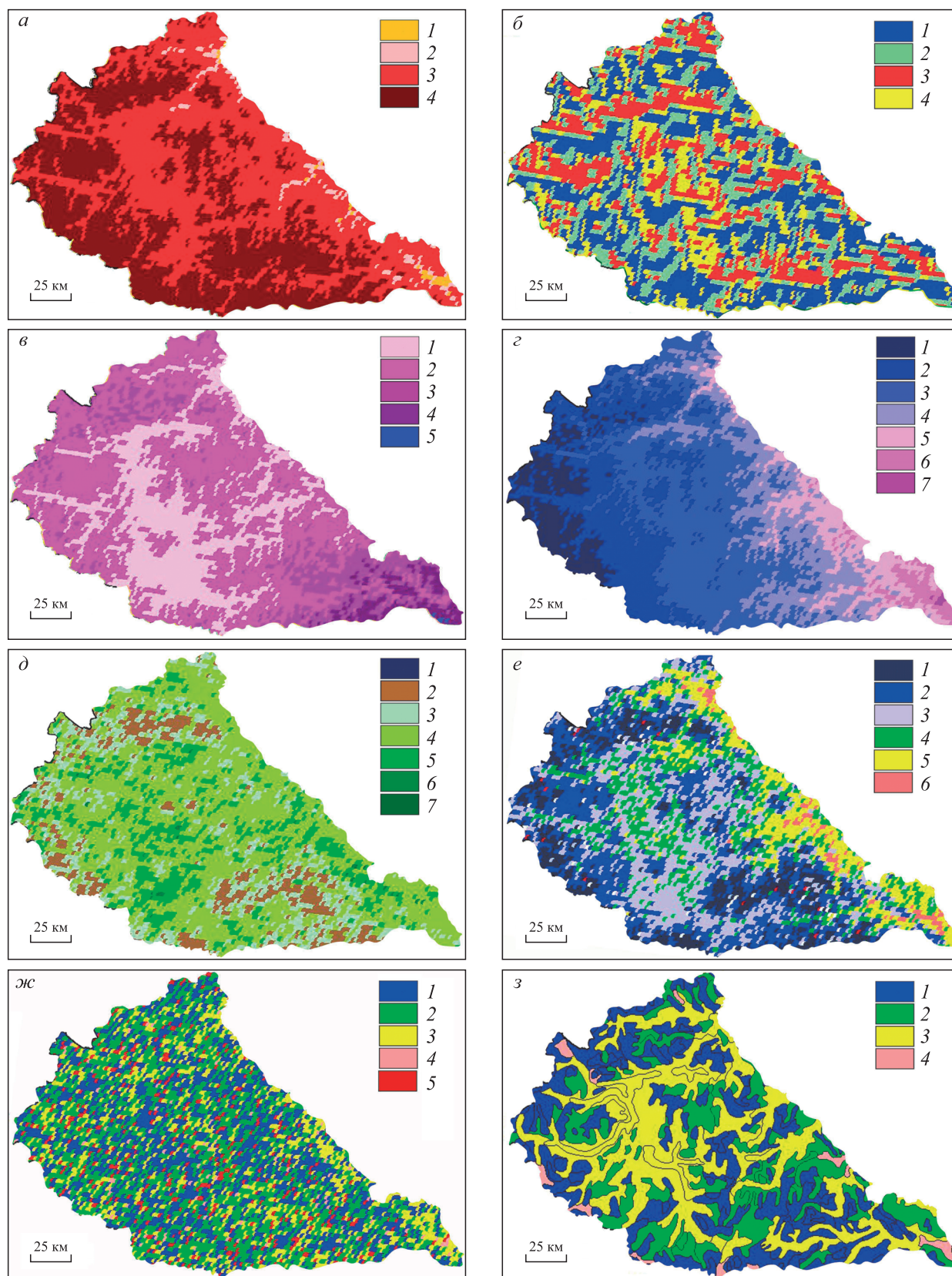


Рис. 4. GRID-модель для расчета экологического потенциала геосистем Окинского района.

*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 C/(м<sup>2</sup>/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.

Каждый компонент или элемент геосистемы в отдельности может служить объектом экологической оценки для выяснения степени его позитивного или негативного влияния на жизнь людей [4, 22]. 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 виде регулярных сетей: абсолютная высота (рис. 4, *a*), крутизна и экспозиция склонов (см. рис. 4, *б*), среднегодовые осадки (см. рис. 4, *в*), средняя температура января (см. рис. 4, *г*), средняя температура июля, значения вегетационных индексов NDVI и EVI (см. рис. 4, *д*), первичная биологическая продуктивность (NPP) (см. рис. 4, *е*), конвертированные в векторный вид, представляют собой массив регулярно распространенных точек.

К сожалению, исчерпывающий охват всех возможных природных факторов, определяющих экологический потенциал геосистем, практически невозможен [23]. Необходимо выявить главные, определяющие факторы, на основании их вклада в значение потенциала. Для определения весовых коэффициентов при расчете экологического потенциала использовался МАИ. Результат расчета экологического потенциала в виде массива регулярно распространенных точек представлен на рис. 4, *ж*, в виде ландшафтной структуры — на рис. 4, *з*.

## 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 альпийно-типно-гольцовые геосистемы, рассматриваемые как экологически экстремальные с высотными и экспозиционными контрастами тепло- и влагообеспеченности, а также с высокой интенсивностью стихийных деструктивных процессов. Экологический потенциал коренных геосистем подвергается антропогенному воздействию, в результате чего его современное состояние отличается от исходного (базового или природного).

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.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (17–29–05089) и в рамках государственного задания (АААА–А17–117041910172–4).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубець М.А. Экосистемология. — Львів: Поллі, 2000. — 316 с.
2. Продовольственная безопасность: термины и понятия: энцикл. справочник, термины и понятия / В.Г. Гусак, В.И. Бельский, З.М. Ильина. — Минск: Белорус. наука, 2008. — 535 с.
3. Шаталова Т.Н., Серова А.С. Природно-ресурсный потенциал в экономической системе региона // Вестн. Оренбург. ун-та. — 2008. — № 8. — С. 188–122.
4. Исаченко А.Г. Экологическая география России. — СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2001. — 326 с.
5. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. — New York; London: McGraw-Hill Int. Book Co., 1980. — 287 p.
6. Владимиров И.Н. Геоинформационное моделирование экологического потенциала Байкальской Сибири // Геоинформатика. — 2015. — № 3. — С. 12–18.
7. Уфимцев Г.Ф. Горы Земли (климатические типы и феномены новейшего орогенеза). — М.: Научный мир, 2008. — 352 с.
8. Обручев С.В. Орография и геоморфология восточной половины Восточного Саяна // Изв. ВГО. — 1946. — № 5–6. — С. 479–498.
9. Уфимцев Г.Ф., Щетников А.А., Филинов И.А. Окинское плоскогорье как особенный элемент орографии Восточной Сибири // Геоморфология. — 2007. — № 4. — С. 96–103.
10. Выркин В.Б., Масютина Ю.А. Геоморфологическое районирование Окинское плоскогорья (Восточный Саян) // Изв. Ирк. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2017. — Т. 19. — С. 32–47.
11. Выркин В.Б., Опекунова М.Ю. Особенности строения речных долин на территории Окинское плоскогорья // География и природ. ресурсы. — 2015. — № 2. — С. 106–113.
12. Обручев С.В. Ярусные долины в областях горного оледенения // Сов. геология. — 1959. — № 6. — С. 65–77.
13. Справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6, вып. 23: Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. — Л.: Гидрометеоздат, 1991. — 604 с.
14. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1: РСФСР, вып. 13: Бассейн р. Ангара. — Л.: Гидрометеоздат, 1987. — 363 с.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16, вып. 2: Ангара. — Л.: Гидрометеоздат, 1972. — 595 с.
16. Щетников А.А. Озера Окинское плоскогорья // Геоморфология. — 2002. — № 3. — С. 88–95.
17. Олюнин В.Н. Неотектоника и оледенение Восточного Саяна. — М.: Наука, 1965. — 127 с.
18. Дамбиев Э.Ц. Степные ландшафты Бурятии. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2000. — 200 с.
19. Телятников М.Ю. Растительность восточной части Восточного Саяна (высокогорный и горно-лесной пояса). — Новосибирск: Академиздат, 2016. — 104 с.
20. Холбоева С.А. Степная растительность долины р. Ока (Восточный Саян) // Растительность Байкальского региона и сопредельных территорий: Материалы Всерос. школы-конф. с участием иностранных ученых. Улан-Удэ, 11–13 ноября 2013 г. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2013. — С. 81–84.
21. Холбоева С.А. Структура растительного покрова Окинское плоскогорья (Восточный Саян) // Учен. зап. Забайк. пед. ун-та. Сер. Естественные науки. — 2011. — № 1 (36). — С. 214–217.
22. Белов А.В., Соколова Л.П. Экологический потенциал растительности как фактор природопользования в Байкальской Сибири // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 53–60.
23. Vladimirov I.N. The ecological potential of Baikal region's geosystems // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. — 2018. — Vol. 190. — 012017.

*Поступила в редакцию 06.06.2018*

*После доработки 10.11.2018*

*Принята к публикации 02.04.2019*