

УДК: 528.9+911.2

DOI: 10.35595/2414-9179-2023-1-29-104-122

Т.И. Кузнецова¹

МЕТОДОЛОГИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МЕЛКОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ

АННОТАЦИЯ

В рамках тематического раздела «Экологическое состояние природной среды, природные экологические риски» электронного географического Атласа Северной и Северо-Восточной Азии разработана методология мелкомасштабного картографирования геосистем как процедуры подготовки научной информации о природном географическом объекте для обеспечения управления экологическими рисками. Научной основой исследования является теория пространственно-временной организации и методология конструктивного интеграционного картографирования геосистем. Природный экологический риск понимается как вероятность негативных изменений в структуре и функционировании геосистем в случае естественных или антропогенно-обусловленных явлений и процессов в среде обитания. Разработаны методы создания, структура, содержание единой информационно-картографической системы Монгольско-Сибирского региона геосистемного содержания м-ба 1: 5 000 000. Для этих целей были проанализированы географически и концептуально несогласованные карты геосистем регионов Сибири и Монголии. Выявлены закономерности пространственно-временной организации, региональные особенности функциональной дифференциации природных систем. По результатам исследования сделаны научные обобщения, касающиеся описания геосистем регионального ранга, их типизации, классификации, районирования. Раскрыт прогностический потенциал мелкомасштабных карт геосистем применительно к географическим исследованиям природных экологических рисков, основанный на процедуре анализа геосистем по типологическим функциональным, структурным, динамическим признакам. Характеристики природных факторов интенсивности функционирования, экологических функций геосистем послужили индикаторами в экологическом нормировании использования природных систем, позволили корректно обосновать природоохранные рекомендации по минимизации нежелательных последствий. Демонстрируется специализированная классификация-легенда и карта зонирования территории Монгольско-Сибирского региона, отражающие последовательность многоэтапных картографических исследований природного экологического риска и структурирование физико-географической информации. Созданные карты составляют базовый набор в структуре пространственных данных электронного Атласа, на их основе могут быть созданы новые карты геосистем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационное картографирование, экологические риски, управление, геосистемные признаки-индикаторы, Монгольско-Сибирский регион

¹ Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, д. 1, Иркутск, Россия, 664033,
e-mail: kuznetzovad@yandex.ru

Tatiana I. Kuznetsova¹

METHODOLOGY OF GEOINFORMATION SMALL-SCALE MAPPING OF GEOSYSTEMS FOR ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT

ABSTRACT

Within the framework of the thematic section “Ecological state of the natural environment, natural environmental risks” of the electronic geographical Atlas of North and Northeast Asia, a methodology for small-scale mapping of geosystems has been developed as a procedure for preparing scientific information about a natural geographical object to ensure environmental risk management. The scientific basis of the research is the theory of spatial and temporal organization and the methodology of constructive integration mapping of geosystems. Natural ecological risk is understood as the probability of negative changes in the structure and functioning of geosystems in the case of natural or anthropogenic phenomena and processes in the habitat. The methods of creation, structure, and content of the unified information and cartographic system of the Mongolian-Siberian region of geosystem content of scale 1: 5 000 000 have been developed. For these purposes, geographically and conceptually inconsistent maps of the geosystems of the regions of Siberia and Mongolia were analyzed. The patterns of spatial and temporal organization, regional features of functional differentiation of natural systems are revealed. Based on the results of the study, scientific generalizations were made concerning the description of geosystems of regional rank, their typification, classification, and zoning. The prognostic potential of small-scale maps of geosystems in relation to geographical studies of natural environmental risks based on the procedure for analyzing geosystems by typological functional, structural, and dynamic features is revealed. The characteristics of natural factors of the intensity of functioning, ecological functions of geosystems served as indicators in the environmental regulation of the use of natural systems, allowed to correctly substantiate environmental recommendations to minimize undesirable consequences. A specialized classification is demonstrated — a legend and a zoning map of the territory of the Mongolian-Siberian region, reflecting the sequence of multi-stage cartographic studies of natural environmental risk and the structuring of physical and geographical information. The created maps make up the basic set in the structure of spatial data of the electronic Atlas, new maps of geosystems can be created on their basis.

KEYWORDS: geoinformation mapping, environmental risks, management, geosystem signs-indicators, Mongolian-Siberian region

ВВЕДЕНИЕ

Исследование выполнено в рамках программы создания электронного географического «Атласа территориального развития регионов Северной и Северо-Восточной Азии» с целью информационного обеспечения экологически ориентированной политики развития крупных регионов Евразийского материка. Для тематического раздела Атласа «Экологическое состояние природной среды, природные экологические риски» разработан блок карт природной среды геосистемного содержания для решения экологических, конструктивно-географических, природоохранных, управленческих задач. Целью предлагаемого исследования была разработка методологии мелкомасштабного картографирования геосистем как процедуры подготовки научной информации о природном географическом объекте для управления природными экологическими рисками (ЭР) в крупных регионах.

¹ V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 1, Ulan-Batorskaya str., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: kuznetzovad@yandex.ru

Научная концепция ЭР начала складываться на рубеже XX–XXI вв. в условиях активного воздействия человека на природу, когда парадигма географической среды стала сменяться парадигмой экологии выживания человека. В современной междисциплинарной теории о рисках понятию «природного экологического риска» придается значение вероятности негативных изменений в структуре и функционировании природных и природно-антропогенных систем в случае естественных или антропогенно обусловленных событий и процессов в среде обитания [Устойчивое..., 1998]. С точки зрения природной составляющей оценка ЭР — это оценка текущего состояния природной среды, географический прогноз его возможного изменения в результате спонтанного развития или антропогенного воздействия; управление природными ЭР подразумевает конкретные действия по предотвращению или уменьшению развития отрицательных экологических ситуаций в природной среде [Экологический..., 1998].

В настоящее время пространственный анализ природных ЭР проводится на основе картографических методов исследования организации геосистем по их экологически значимым характеристикам [Кузнецова, 2017]. Стремительные темпы развития геоинформационного картографирования, которые обусловлены нарастающими социально-экономическими потребностями общества в достоверной информации о состоянии природной среды, повысили требования к географическим наукам, в т. ч. к картографии. Существующий спрос на прогнозные исследования развития неблагоприятных процессов и явлений в природной среде обуславливает необходимость создания единой информационной базы об объекте исследования в виде региональных, государственных, межгосударственных информационно-картографических систем геосистемного содержания как особых систем инвентаризации, оценки, прогнозирования и целевого управления. Цифровые тематические карты природных систем, на основе которых могут создаваться новые производные карты, составляют базовый набор в инфраструктуре пространственных данных национальной системы Российской Федерации [Карник и др., 2021; Тарарин, 2022].

В процессе использования ранее опубликованных традиционных или электронных концептуально несогласованных, территориально разрозненных карт геосистем часто возникает проблема пространственного и тематического согласования географической информации [Berry, 1987; Lechthaler, 2010; Kuznetsova, Lopatkin, 2019]. Решение этой проблемы с научной и практической точек зрения требует методологического единства картографической проработки геосистемной информации в широком тематическом и масштабном диапазонах. В этой связи картографирование геосистем оформилось в самостоятельное направление комплексного исследования и отображения структуры, функционирования, динамики природных структур всех уровней организации. На основе характеристик геосистем, их инвариантных структур, переменных, производных состояний, принадлежащих одной классификационной категории, проводятся интерпретационные картографические исследования, оценка текущих и потенциальных внутри- и межсистемных противоречий, которые приводят к смене состояния природных систем.

Полисистемная концепция организации геосистем, методология конструктивного интеграционного интерпретационного картографирования стали той научной основой, которая объединила экологический, антропоэкологический, эколого-географический аспекты геосистемных исследований природной среды в качестве ступеней единого аналитического процесса [Экологическое..., 1996; Козин, 2009]. Основным методическим приемом создания комплексных геоэкологических карт геосистем выступает последовательность операций многоэтапного геосистемного анализа, элементы которого выдаются один за другим серией сопряженных мелкомасштабных тематических карт,

«в совокупности обеспечивающих целостность отображаемых объектов как с точки зрения взаимообусловленных природных факторов, так и тенденций развития» [Михеев, 1987, с. 35]. Карты геосистем комплексного геоэкологического содержания получили широкое распространение в региональных атласах [Национальный..., 1990; Экологический..., 2015; Атлас..., 2021].

Актуальность предлагаемой работы определяется необходимостью дальнейшего развития конструктивного интеграционного картографического метода исследования геосистем как важнейшего инструмента определения потенциальных экологических возможностей обширных территорий. Требуется дальнейшее совершенствование методов картографического геоэкологического анализа геосистем, определение новых форм применения общенаучных классификационных принципов акад. В.Б. Сочавы, создание специализированных классификаций-легенд целевых карт геосистем, которые призваны отобразить геосистемы иерархического уровня, который в наибольшей степени отвечает целям, назначению, масштабу, особенностям региона исследования.

В процессе исследования решались следующие задачи:

- 1 – проанализировать карты геосистем регионов Сибири и Монголии, созданные с использованием принципов научной классификации геосистем акад. В.Б. Сочавы, выявить закономерности пространственно-временной организации, региональные особенности функциональной дифференциации геосистем, по результатам сделать картографические обобщения, касающиеся описания природных систем регионального иерархического ранга, их типизации, классификации;
- 2 – раскрыть прогностический потенциал мелкомасштабных карт геосистем регионального ранга применительно к географическим исследованиям природных экологических рисков в крупных регионах, основанный на процедуре анализа типологических классификационных признаков геосистем, многоэтапной геоэкологической интерпретации геосистемной информации;
- 3 – реализовать на практике разработанную методологию создания единой картографической системы карт природной среды Монгольско-Сибирского региона геосистемного геоэкологического содержания м-ба 1: 5 000 000 для информационного обеспечения управления природными ЭР.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научной основой изучения и картографирования природных ЭР исследуемого региона является теория полисистемной пространственно-временной организации и конструктивного картографирования геосистем [Михеев, 1987]. Объекты картографирования — геосистемы рассматриваются как «географические пространства, где все компоненты природы находятся в тесной взаимосвязи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом» [Сочава, 2005, с. 292].

Исходя из комплексности содержания определения «геосистема», понятие «организация геосистем» используется нами в 3 аспектах: как состояние (состав) структурной и пространственно-иерархической упорядоченности геосистем в конкретный промежуток времени, как процесс упорядочения природных образований в результате спонтанного развития (самоорганизация, саморегулирование) и как упорядочивание в результате целевого использования (управление) [Булатов, 1977; Коновалова, 2012; Бакланов, 2019]. Основной идеологией картографирования организации геосистем является методология конструктивного интеграционного подхода к отображению комплекса характеристик природных систем как с точки зрения взаимообусловленных природных факторов, так и тенденций развития и использования.

Территория исследования — Монгольско-Сибирский регион рассматривается как целостное иерархически организованное географическое образование, принадлежащее двум государствам: Российской Федерации (в пределах Иркутской области, Республики Бурятия, Забайкальского края) и Монголии (в границах аймаков, расположенных в бассейне р. Селенги). Согласно «схеме физико-географического районирования» [Сочава, 2005, с. 17], эта территория является местом контакта 4 ландшафтных областей внетропической Азии: Среднесибирской таежно-плоскогорной, Южно-Сибирской горной, Байкало-Джугджурской горно-таежной, Северо-Монгольской полупустынно-степной.

Формирование географического знания о геосистемах исследуемой территории проводилось на основе данных геоинформационного регионально-типологического, иерархического, функционального, динамического, экологического, логико-ситуационного анализа. Важное значение имели опубликованные разномасштабные, географически разрозненные, концептуально несогласованные традиционные и электронные типологические карты геосистем регионов Сибири и Монголии, а также карты физико-географического районирования, экологического зонирования территории.

Все полученные данные были систематизированы, обобщены тематически и географически с целью описания природных систем регионального иерархического ранга, их типизации, классификации, районирования с использованием принципов классификации геосистем акад. В.Б. Сочавы.

В процессе создания интерпретационных картографических моделей геосистемного геоэкологического содержания применялись методы ландшафтной индикации геосистемной информации. Важное индикационное значение имели параметры природных факторов интенсивности функционирования геосистем (тепло-, влагообеспеченности, биологической продуктивности растительности), количественные значения которых были получены в результате анализа ландшафтно-экологических, антропоэкологических, эколого-географических, геоэкологических тематических карт [Букс и др., 1977; Кузнецова и др., 2009], карт географических атласов [Национальный..., 1990; Экологический..., 2015; Атлас..., 2021], опубликованных литературных источников [Поликарпов и др., 1986; Михеев, 1987; Кузнецова, 2022; Kuznetsova et al., 2011].

«Возможность количественного измерения интенсивности функционирования в свою очередь открывает путь к решению многих важнейших фундаментальных и прикладных задач физической географии, в частности таких, как определение устойчивости геосистем к внешним воздействиям» [Исаченко, 1990, с. 16]. Исследование экологической устойчивости геосистем как возможности восстанавливать свою структуру после внешнего воздействия проводится посредством выделения инвариантов, на основе которых приводятся в соответствие друг с другом коренные, переменные, производные состояния геосистем, возникающие в процессе спонтанной динамики или антропогенного воздействия. Характеристики инвариантов использованы как признаки-индикаторы экологического потенциала геосистем, который определяет все наблюдаемые в природе переменные состояния и те производные структуры, которые можно создать для оптимизации природной обстановки.

С использованием функциональных и структурно-динамических характеристик проведена качественная оценка, вариативный прогноз изменений состояния геосистем, разработаны экологические нормативы использования, рекомендации по минимизации нежелательных последствий антропогенного воздействия, осуществлено зонирование территории по степени изменчивости природной среды, или «предрасположенности к природному ЭР» [Экологический..., 1998, с. 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разработано тематическое содержание, методы, последовательность мелкомасштабного конструктивного интегрального картографирования геосистем Монгольско-Сибирского региона (рис. 1). Общая линия исследования соответствует основным этапам геосистемного анализа: инвентаризация геосистем; качественная экологическая оценка природных условий; прогноз их возможного изменения, анализ использования, антропогенного воздействия, нарушений структуры; разработка природоохранных рекомендации по использованию геосистем; полифункциональное зонирование территории.



Рис. 1. Этапы, методы создания картографической системы Монгольско-Сибирского региона

Fig. 1. Stages, methods of creating a cartographic system of the Mongolian-Siberian region

На первом этапе исследования был определен таксономический ранг геосистем, который наиболее полно отвечает пространственному охвату, масштабу, целям, задачам, способу картографирования (рис. 1, разд. I). С использованием принципов общенаучной классификации геосистем акад. В.Б. Сочавы, методов геосистемного анализа, картографической пространственной и тематической генерализации была разработана специализированная классификация-легенда карты «Геосистемы Монгольско-Сибирского региона» м-ба 1: 5 000 000. Она отражает характеристики 41 геома, которые принадлежат 4 физико-географическим областям Северной и Центральной Азии [Кузнецова, 2022]. Посредством этой карты отображены закономерности пространственно-временной организации природных систем исследуемой территории через подразделения многоступенчатой иерархической классификации геосистем:

- геомы,
- подгруппы геомов,
- группы геомов,
- подклассы геомов,
- классы геомов,
- типы природной среды
и соответствующие им типологические характеристики.

Динамические категории геосистем были дифференцированы относительно основного — коренного (наиболее стабильного геома), который был определен методом структурно-динамического анализа в системе соотношений «область — геом», выполненного для функционально-геомерных рядов каждой из 4 ландшафтных областей исследуемого региона. Все прочие геомы одной физико-географической области отражают степень отклонения природных характеристик от нормы природных условий коренного геома и подразделяются на:

- мнимокоренные — стабильные;
- мнимокоренные экстраобластные — менее стабильные;
- серийные — условно стабильные;
- серийные факторальные — нестабильные;
- устойчиво длительнопроизводные разной степени антропогенной нарушенности — очень нестабильные.

В силу значительного объема содержание типологической классификации-легенды базовой карты «Геосистемы Монгольско-Сибирского региона» в данной работе не приводится.

На втором этапе исследования, согласно средовой концепции [Экологическое..., 1996; Козин, 2009], геосистемы рассмотрены как совокупности взаимодействующих, взаимообусловленных сред — экологической среды, ресурсной среды и среды жизнедеятельности человека. На основе анализа содержания инвентаризационной базовой карты геосистем сформировано множество элементов информации о природных условиях региона, созданы производные интерпретационные классификации-легенды карт геосистем ландшафтно-экологического, антропоэкологического, эколого-географического, комплексного геоэкологического содержания (рис. 1, разд. II). Эти карты в совокупности содержат характеристики свойств геосистем, которые имеют конструктивное значение: интенсивность функционирования, природные факторы функционирования (тепло-, влагообеспеченность, биологическая продуктивность растительности), категории саморегулирования, резистентная устойчивость (чувствительность), экологическая

устойчивость, изменчивость, экологические функции, экологический потенциал, степень благоприятности природных условий для жизнедеятельности людей и др.

На третьем этапе исследования (рис. 1, разд. III) была разработана методика и содержание комплексной карты «Геосистемы и их использование». В ее легенде наряду с типологическими характеристиками геосистем отражены: типы использования, характер антропогенного воздействия, степень антропогенной нарушенности, рекомендуемые режимы использования, природоохранные мероприятия, минимизирующие отрицательное воздействие. Рекомендуемые режимы использования и природоохранные мероприятия были разработаны с учетом следующих экологических принципов:

- 1 – сохранение естественных механизмов воспроизводства геосистем (удержание в состоянии, обеспечивающем сохранение свойства саморегулирования);
- 2 – сохранение всех функций геосистем (ландшафтных, экологических, целевых) не только в текущее время, но и в будущем;
- 3 – обязательная оценка реальных и потенциальных возможностей выполнения целевых функций, т. е. способность геосистемы к изменению;
- 4 – оценка возможных последствий, возникающих в результате антропогенного воздействия, оценка экологической стабильности геосистем, т. е. способности восстанавливать свою структуру после антропогенного воздействия;
- 5 – обязательное экологическое нормирование используемых геосистем с учетом их реального и потенциального состояния.

По существу, классификация карты «Геосистемы и их использование» представляет собой комплекс конструктивных характеристик геосистем, которые интегрированы в единую легенду, информационно обеспечивающую выявление разнообразных факторов природных рисков при единой группировке пространственных данных.

На четвертом этапе исследования (рис. 1, разд. IV) разрабатываются многочисленные прогнозные карты геосистем. Например, по результатам сопряженного анализа комплекса характеристик геосистем была создана карта «Водоохранные функции геосистем, возможные изменения режима увлажнения в результате нарушения растительности» (рис. 2, разд. V).

Проведено сопряженное комбинированное исследование ряда природных факторов (подписи к рис. 2, разд. I–IV), которые являются индикаторами всего разнообразия природных условий региона. С одной стороны, были исследованы параметры тепло- и влагообеспеченности, биологической продуктивности растительности, тип распространения многолетней мерзлоты (островная, сплошная), экологические функции геосистем. С другой — определены категории их саморегулирования, чувствительности, экологической устойчивости, антропогенной нарушенности.

Геосистема рассматривается как первичная среда для каждого своего компонента, которая обеспечивает их сохранение и воспроизводство, выполняя ряд внутрискруктурных экологических функций: почвозащитную, лесозащитную, водозащитную. Наряду с этим, геосистемы как целостные образования выполняют ряд внешних структурных экологических функций: средорегулирующую, средоформирующую, средозащитную, техногенно-барьерную, которые обеспечивают сохранение и воспроизводство структуры самой геосистемы и смежных с ней структур.

По результатам комплексного исследования геосистем была определена экологическая природозащитная роль растительности, которая выполняет роль ведущего природного компонента, контролирующего развитие и интенсивность функциональных внутрискруктурных процессов в геосистемах — стимулирует или сдерживает их. Нарушение растительного покрова (пожары, рубки, сооружения) увеличивает прогревание

мерзлых грунтов, изменяет гидротермический режим сезоннооттаивающего слоя, нарушает процессы его тепло- и влагообмена с атмосферой и с нижележащей толщей грунтов, которые служат упором для воды, скапливающейся над ними. На плоских поверхностях эти явления способствуют заболачиванию местности, на склоновых поверхностях может резко увеличиваться поверхностный сток воды, что в дальнейшем способствует увеличению засушливости природных условий (подписи к рис. 2, разд. V).

По материалам сопряженного анализа созданных типологических карт геосистем было проведено полифункциональное картографическое зонирование территории как способ группировки геосистем одного ранга и идентичных природных условий (рис. 1, разд. V). В легенде карты «Зонирование территории по комплексу факторов природного экологического риска» (подписи к рис. 2) арабскими цифрами (1–8) представлены геоэкозоны Монгольско-Сибирского региона.

В первую группу «очень высокой степени природного ЭР с низкой теплообеспеченностью» (1) вошли североазиатские гольцово-верхнетаежные геосистемы, природные условия существования которых характеризуются как экстремальные и субэкстремальные. По климатическому режиму они относятся к группе холодных, избыточно влажных, местами влажных местоположений. По продуктивности — минимально- или низкопродуктивные. В экологическом плане эти геосистемы выполняют средоформирующую функцию регионального значения. Особенно велика их снего- и водосборная роль: обеспечивая трансформацию воды, регулирование поверхностного стока, перевод его во внутрипочвенный, эти геосистемы несут большие гидрологические нагрузки. Нарушение структуры этих природных систем может повлечь за собой изменение структуры смежных с ними ландшафтов. В общем плане они характеризуются очень низкой экологической стабильностью, длительным периодом восстановления. Часто нарушение растительного покрова приводит к заболачиванию геосистем плоских поверхностей. В целом — эти территории слабо заселены, поэтому отличаются низкой степенью антропогенной нарушенности структуры геосистем. Тем не менее, для них рекомендован строго защитный с предупреждающими природоохранными мерами в случае использования режим природопользования.

Во вторую группу «высокой степени природного ЭР» (2) отнесены североазиатские горно-таежные редуцированных условий развития, умеренно холодные, влажные, низко- или среднепродуктивные на многолетнемерзлых почвогрунтах геосистемы. Степень саморегулирования у них относительно низкая в силу значительного недостатка тепла, отсюда — высокая чувствительность к антропогенному воздействию. Все геосистемы этой группы выполняют водорегулирующую экологическую функцию, имеющую региональное значение, а также водоаккумулирующую (мерзлотную) функцию.

При нарушении растительного покрова усиливается прогревание почвогрунтов, возможно сильное заболачивание в результате таяния мерзлоты. Тип использования этих геосистем — комплексный лесохозяйственный. Для природных систем этой группы рекомендован эксплуатационно-защитный со специализированным использованием в виде выделения защитных, лесовосстановительных зон для предупреждения возможного изменения структуры геосистем режим природопользования.

К третьей группе «относительно высокой степени природного ЭР» (3) принадлежат североазиатские таежные геосистемы межгорных понижений и долин с ограниченными условиями развития, умеренно теплые, с температурными инверсиями, избыточно влажные, барьерно- или натечно-мерзлотного типа увлажнения, средне- и повышено-продуктивные на многолетнемерзлых почвогрунтах. Они имеют большое мерзлотно-защитные, водорегулирующие значение, стабилизируя существующую гидрологическую

экологическую ситуацию, характеризуются высокой степенью чувствительности к антропогенному воздействию.

К этой же категории природного ЭР отнесены северомонгольско-южносибирские «псевдотаежные» лиственничные, умеренно теплые, недостаточно, влажные среднепродуктивные геосистемы, которые формируются в условиях резко континентального климата среднегорий Хангая и Прихубсугуля. Согласно классификации геосистем [Михеев, 1987], они принадлежат к переходному от южносибирского к центральноазиатскому подклассу горно-таежных лиственничных геосистем и характеризуются низкой устойчивостью к внешнему воздействию; в случае пожаров, сплошных рубок они часто заменяются геосистемами степного типа.

В эту же группу вошли североазиатские сосновые боровые умеренно теплые-теплые, недостаточно влажные, среднепродуктивные геосистемы, имеющие высокое почвозащитное, водорегулирующее значение. Уничтожение растительности при отсутствии ее целевого восстановления может повлечь за собой развитие эоловых процессов. Для всех этих геосистем рекомендуется защитно-эксплуатационный с покомпонентным использованием, последующим восстановлением используемых компонентов природы режим природопользования.

К «очень низкой категории природного ЭР» (4) относятся все североазиатские горно-таежные и таежные геосистемы условий ограниченного развития, умеренно теплые, умеренно влажные, повышенной продуктивности, с разным температурным режимом почвогрунтов. Североазиатские геосистемы байкалоджугджурского типа, среднесибирские северо- и среднетаежные распространены, как правило, на многолетнемерзлых почвогрунтах, геосистемы северомонгольско-южносибирского типа — на сезонномерзлых. Это наиболее организованные в структурном отношении геосистемы. Они выполняют средостабилизирующую экологическую функцию регионального значения. Будучи менее чувствительными к антропогенному воздействию, благодаря повышенной продуктивности они, как правило, быстро восстанавливают свою структуру после внешнего воздействия.

В условиях континентального климата растительность этих геосистем имеет очень большое значение, обеспечивая существование особого типа экологических условий. В случае лесосведения на территориях этих геосистем нарушается водный режим, который также определяется орографическими, литологическими условиями. Плоские или близкие к ним поверхности подвержены заболачиванию в случае сведения растительности, прогревания грунтов, таяния мерзлоты. Крутые склоны в случае лесных вырубок, увеличения поверхностного стока могут быть подвержены процессам аридизации. В хозяйственном плане — это территории комплексного лесопользования. Таежная растительность сильно повреждена рубками, пожарами. Эти территории требуют проведения лесовосстановительных мероприятий, организации целевого использования с обязательным выделением природоохранных лесовосстановительных зон и сохранных зон для кедровых лесов.

К «низкой категории природного ЭР» (5) принадлежат североазиатские горно-таежные оптимальных условий развития, теплые, влажные и избыточно влажные, повышено- и высокопродуктивные геосистемы. К ним относятся и т. н. высокотравные геосистемы, которые отличаются самой высокой в Сибири биологической продуктивностью растительности, с продолжительным по времени периодом восстановления после пожаров, рубок. Фаза спелого кедра в этих темнохвойных лесах может восстановиться лишь к возрасту 200–220 лет [Поликарпов и др., 1996]. Если не обеспечивать их целевое восстановление, то они, как правило, не успевают дойти до кедровой спелости между периодически повторяющимися пожарами, поэтому у них часто меняется структура растительного компонента. Эти геосистемы выполняют важную

водорегулирующую, почвозащитную экологические функции. Для них рекомендуется эксплуатационно-защитный с восстановлением используемых компонентов природы, выделением природоохранных зон с кедровыми лесами режим природопользования.

В группу геосистем «с относительно низкой степенью природного ЭР» (6) вошли североазиатские подтаежные геосистемы с субоптимальными условиями развития: теплые, недостаточно влажные, иногда избыточно влажные по барьерно- или натечно-мерзлотному типу увлажнения, повышенно- или среднепродуктивные, на сезонномерзлых почвогрунтах. Все они относятся к наиболее освоенным, с разной степенью антропогенной нарушенности, часто в результате лесных пожаров, природным системам.

Геосистемы инсоляционных склонов в силу недостаточного увлажнения, особенно в условиях сведения растительности, подвержены развитию процессов аридизации. В наиболее засушливую часть года — поздней весной, в раннелетний период до стадии формирования травяного растительного покрова — эти геосистемы являются очень пожароопасными. Они выполняют водорегулирующую, почво-, влагозащитную, техногенно-барьерную экологические функции. Для них рекомендуется защитно-эксплуатационный с выделением природоохранных зон тип природопользования.

К категории «высокой степени природного ЭР с низкой степенью влагообеспеченности» (7) относятся геосистемы редуцированных условий развития теплые, сухие повышенно- или среднепродуктивные на сезонномерзлых почвогрунтах. К ним принадлежат центральноазиатские хангайского типа горностепные и степные: склоновые, предгорные равнинные, долинные; сухостепные геосистемы даурского типа — горностепные и степные, склоновые, подгорных равнин, долин, днищ котловин.

Сюда же были отнесены североазиатские подгорных равнин, долинные, часто засоленные, лугово-степные и остепненных лугов геосистемы южносибирского типа, которые формируются в условиях с ограниченным количеством весенне-летних осадков. Биологическая продуктивность этой группы геосистем меньше в сравнении с подтаежными геосистемами, они характеризуются относительно низкой степенью самоорганизации, высокой чувствительностью к внешнему воздействию; антропогенные нарушения структуры этих природных систем приводят к развитию процессов засоления, аридизации.

Все они выполняют почвозащитную, водорегулирующую экологические функции. Территории распространения этих геосистем плотно заселены, выполняют многочисленные хозяйственные целевые функции, поэтому они имеют большое техногенно-барьерное значение. Для них рекомендуется эксплуатационно-защитный с восстановлением используемых компонентов в целях предотвращения усиления процессов засоления, аридизации тип природопользования.

В группу «очень высокой степени природного ЭР с очень низкой степенью влагообеспеченности» (8) вошли геосистемы экстремальных условий развития очень теплые — жаркие, сухие — очень сухие, низкой или минимальной биологической продуктивности растительности, формирующиеся на сезонномерзлых почвогрунтах. К ним относятся центральноазиатские геосистемы среднехалхасско-монгольского типа горностепные, степные; денудационных останцов, склоновые, каменистые, пологосклоновые; высоких равнин.

К этой же категории относятся геосистемы переходного к пустынному типу (гобийские): низинные, бессточных депрессий, побережий озер. В большинстве своем они характеризуются высокой степенью антропогенной нарушенности в силу особенностей целевого использования, связанного со скотоводством, поэтому на месте коренных геосистем здесь, как правило, сформировались устойчиво длительнопроизводные антропогенные трансформации. Имея низкие показатели влагообеспеченности, эти геосистемы выполняют важную водорегулирующую, средостабилизирующую

экологические функции, обеспечивая сохранение существующего природного равновесия, нарушение которого может привести к еще большему усилению процессов аридизации.

Растительность степей на песчаных, каменистых поверхностях, в условиях сухих, очень сухих местообитаний выполняет важную почвозащитную функцию, закрепляя подвижные грунты, пески. Для всех этих геосистем рекомендуется защитный с предупреждающими природоохранными мерами в случае использования тип природопользования в целях предотвращения усиления процессов аридизации.

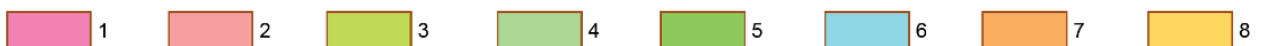
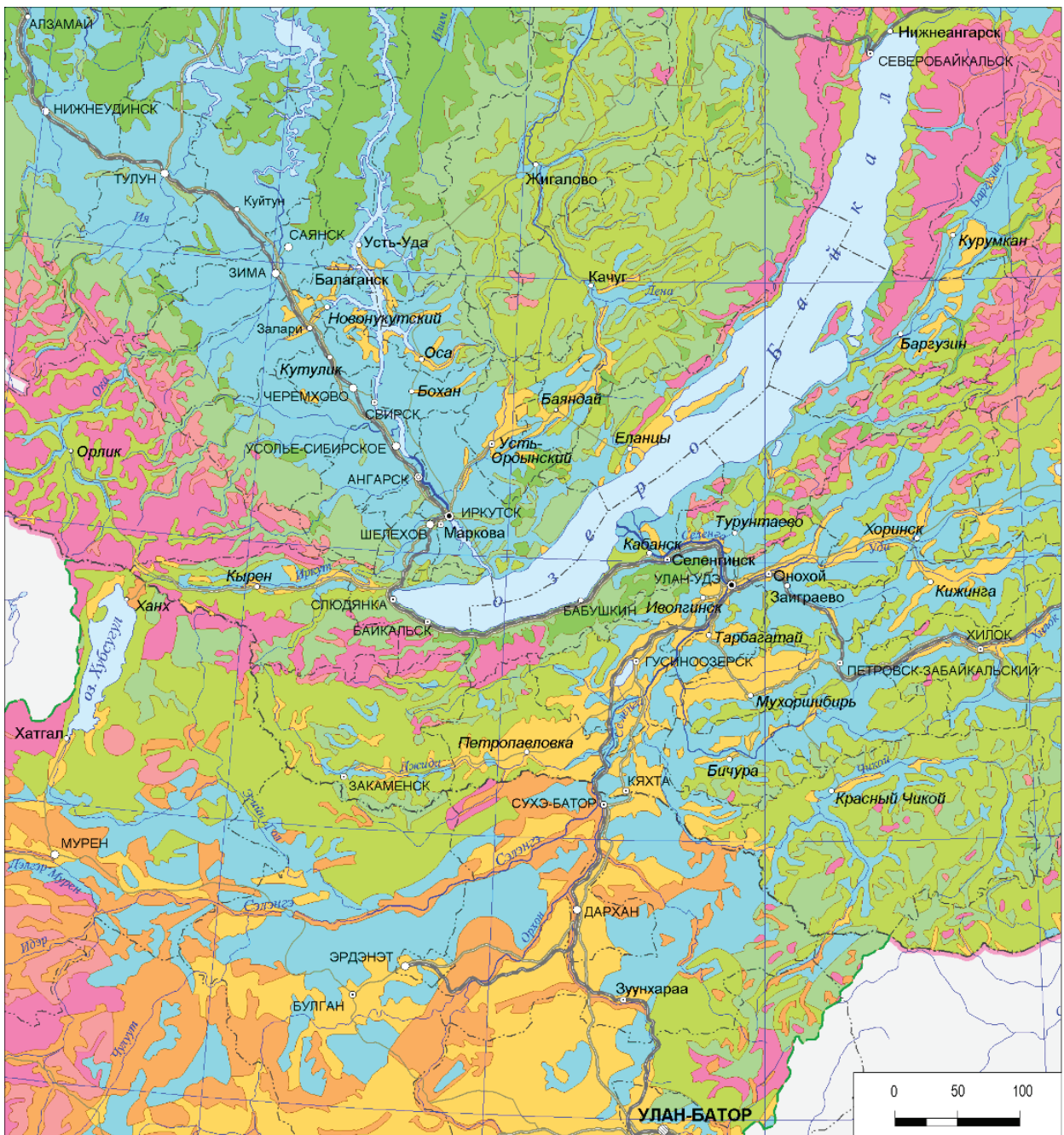


Рис. 2. Зонирование территории по комплексу факторов экологического риска
Fig. 2. Zoning of the territory according to the complex of environmental risk factors

Геоэкозоны Монгольско-Сибирского региона

А. Геосистемные признаки-индикаторы природного ЭР

1. Природные комплексы, условия развития:

Североазиатские арктобореальные

1. Гольцовые, подгольцовые кустарниковые и редколесные холодные*, избыточно влажные, влажные**, минимально, низкопродуктивные*** на многолетнемерзлых почвогрунтах;
2. Горно-таежные, таежные межгорных понижений и долин редуцированных условий развития умеренно холодные, влажные, низко- и среднепродуктивные на многолетнемерзлых почвогрунтах;
3. Горно-таежные, таежные межгорных понижений и долин ограниченных условий развития, умеренно теплые, влажные на сезонномерзлых почвогрунтах, избыточно влажные на многолетнемерзлых почвогрунтах, средне- и повышеннопродуктивные;
4. Горно-таежные, таежные подгорные и межгорных понижений, ограниченных условий развития, умеренно теплые, влажные на сезонномерзлых почвогрунтах, избыточно влажные на многолетнемерзлых почвогрунтах, средне- и повышеннопродуктивные;
5. Горно-таежные, таежные подгорные и межгорных понижений оптимальных условий развития, теплые, влажные и умеренно влажные на сезонномерзлых почвогрунтах, повышенно продуктивные; теплые, избыточно влажные на многолетнемерзлых почвогрунтах, повышенно- и среднепродуктивные; избыточно влажные на наветренных склонах, повышенно- и высокопродуктивные;

Североазиатские семиаридные

6. Подтаежные и лесостепные субоптимальных условий развития, теплые, недостаточно влажные, средне- и повышенно продуктивные на сезонномерзлых почвогрунтах, иногда избыточно влажные на многолетнемерзлых почвогрунтах;

Центральноазиатские аридные

7. Степные редуцированных условий развития, очень теплые, сухие средне- или низкопродуктивные, преимущественно на сезонномерзлых почвогрунтах;
8. Сухостепные, иногда полупустынные экстремальных условий развития, очень теплые и жаркие, сухие и очень сухие, низко- и минимально продуктивные, преимущественно на сезонномерзлых почвогрунтах.

Пояснения:

- * — Теплообеспеченность (сумма биологически активных температур воздуха: сумма среднесуточных температур за период с температурами выше 10 °С): холодные (600–800 °С), умеренно холодные (800–1 200 °С), умеренно теплые (1 200–1 600 °С), теплые (1 600–2 000 °С), очень теплые (2 000–2 400 °С), жаркие (более 2 400 °С).
- ** — Влагообеспеченность (радиационный индекс сухости по М.И. Будыко): избыточно влажные (менее 0,5), влажные (0,5–1,0), умеренно влажные (1,0–1,5), недостаточно влажные (1,5–2,0), сухие (2,0–2,5), очень сухие (более 2,5).
- *** — Биологическая продуктивность — годовой прирост, выраженный в весе сухой массы органического вещества надземной и подземной частей растений (ц/га сухой массы): минимальная (менее 20 ц/га), низкая (20–40 ц/га), средняя (40–60 ц/га), повышенная (60–80 ц/га), высокая (более 80 ц/га).

II. Категории саморегулирования:

- 1 – низкая (с очень большим недостатком тепла);
- 2 – относительно низкая (с большим недостатком тепла);
- 3 – средняя;
- 4 – повышенная;
- 5 – высокая (очень длительный период восстановления);
- 6 – относительно высокая;
- 7 – относительно низкая (с большим недостатком влаги);
- 8 – низкая (с очень большим недостатком влаги).

III. Категории чувствительности к антропогенному воздействию:

- 1 – очень высокая (с минимальной и низкой продуктивностью растительного покрова);
- 2 – высокая (с низкой и средней продуктивностью растительного покрова);
- 3 – относительно высокая (со средней и повышенной продуктивностью растительного покрова);
- 4 – относительно низкая (с повышенной продуктивностью растительного покрова);
- 5 – низкая (с повышенной и высокой продуктивностью растительного покрова);
- 6 – относительно высокая (со средней и повышенной продуктивностью растительного покрова);
- 7 – высокая (с низкой и средней продуктивностью растительного покрова);
- 8 – очень высокая (с минимальной и низкой продуктивностью растительного покрова).

IV. Категории антропогенной нарушенности:

- 1 – слабо нарушенные;
- 2 – малонарушенные;
- 3 – относительно малонарушенные;
- 4 – относительно нарушенные;
- 5 – нарушенные;
- 6 – преобразованные;
- 7 – очень сильно нарушенные;
- 8 – сильно нарушенные.

V. Водоохранные функции геосистем, возможные изменения режима увлажнения в результате нарушения растительности:

- 1 – водосборная, водорегулирующая геосферного значения, водоаккумулирующая (мерзлотная) — изменения проявляются комплексно, в т. ч. в смежных структурах;
- 2 – водорегулирующая регионального значения, водоаккумулирующая (мерзлотная) — возможно увеличение увлажнения;
- 3 – водорегулирующая сезонномерзлая, водозащитная — возможно увеличение увлажнения;
- 4 – водорегулирующая, водоаккумулирующая (мерзлотная) — возможно значительное увеличение увлажнения;
- 5 – водорегулирующая сезонномерзлая, водозащитная — возможно увеличение увлажнения;
- 6 – водозащитная, водорегулирующая сезонномерзлая, иногда водоаккумулирующая (мерзлотная) — возможно увеличение аридности условий;
- 7 – водозащитная, водорегулирующая сезонномерзлая — возможно значительное увеличение аридности условий;

8 – водозащитная, водорегулирующая сезонномерзлая, влагоформирующая за счет контрастности суточных температур — возможно очень значительное усиление аридности условий.

VI. Категории экологической стабильности:

- 1 – очень низкая;
- 2 – относительно низкая;
- 3 – средняя;
- 4 – повышенная;
- 5 – высокая (длительный период восстановления);
- 6 – относительно высокая;
- 7 – относительно низкая;
- 8 – низкая.

Б. Интегральная оценка природного экологического риска (ЭР)

VII. Категории природного ЭР:

- 1 – очень высокая с очень низкой степенью теплообеспеченности;
- 2 – высокая с низкой степенью теплообеспеченности;
- 3 – относительно высокая с относительно низкой степенью теплообеспеченности;
- 4 – очень низкая с оптимальным соотношением тепло- и влагообеспеченности;
- 5 – низкая с высокой степенью влагообеспеченности;
- 6 – относительно низкая с относительно низкой степенью влагообеспеченности;
- 7 – высокая с низкой степенью влагообеспеченности;
- 8 – очень высокая с очень низкой степенью влагообеспеченности.

В. Природные условия жизнедеятельности людей

VIII. Категории благоприятности:

- 1 – максимально неблагоприятные с очень значительным дефицитом тепла;
- 2 – очень неблагоприятные со значительным дефицитом тепла;
- 3 – малоблагоприятные с дефицитом тепла;
- 4 – относительно благоприятные с оптимальным сочетанием тепла и влаги;
- 5 – благоприятные с незначительным избытком влаги;
- 6 – относительно благоприятные с некоторым дефицитом влаги, иногда переувлажненные;
- 7 – малоблагоприятные с большим дефицитом влаги;
- 8 – максимально неблагоприятные с очень большим дефицитом влаги.

Г. Рекомендации по использованию геосистем

IX. Природоохранные режимы:

- 1 – строго защитный с предупреждающими природоохранными мерами в случае использования;
- 2 – эксплуатационно-защитный — специализированное использование с выделением защитных природоохранных зон с целью предупреждения возможного изменения структуры геосистем;
- 3 – защитно-эксплуатационный с объектно-покомпонентным использованием и последующим восстановлением используемых компонентов природы;
- 4 – эксплуатационный с выделением природоохранных восстановительных зон с кедровыми лесами;

- 5 – эксплуатационно-защитный с восстановлением используемых компонентов природы, выделением природоохранных зон с кедровыми лесами;
- 6 – защитно-эксплуатационный комбинированный с выделением природоохранных зон;
- 7 – эксплуатационно-защитный с восстановлением используемых компонентов в целях предотвращения усиления процессов аридизации;
- 8 [□] защитный с предупреждающими природоохранными мерами в случае использования в целях предотвращения усиления процессов аридизации.

Пояснение: Арабскими цифрами 1–8 обозначены территориальные группировки геосистем ранга геомов с идентичными природными условиями.

ВЫВОДЫ

Концепция пространственно-временной организации, методология конструктивного интеграционного картографирования позволили раскрыть прогностический потенциал карт геосистем регионального иерархического ранга применительно к географическим исследованиям природных экологических рисков в крупных регионах (подписи к рис. 2, разд. VII). Предложенные типологические характеристики геосистем выполняют роль признаков-индикаторов состояний, свойств, комплекса природных условий геосистем, их возможных изменений в результате естественного развития или антропогенного воздействия (подписи к рис. 2, разд. I–VI), обеспечивают экологическое нормирование использования, обоснование рекомендаций по минимизации нежелательных последствий (подписи к рис. 2, разд. VIII–IX).

Разработанная с использованием научной классификации геосистем акад. В.Б. Соचाва система интерпретационных классификационных построений имеет важное методическое значение как особая форма структурирования, модификации, интеграции физико-географической информации (подписи к рис. 2). Она обеспечивает наглядность представленного результата в виде мелкомасштабной целостной программно-целевой системы карт геосистем геоэкологического содержания. Представленный ряд картографических тематических и пространственных обобщений о географической среде Монгольско-Сибирского региона (рис. 2) дополнит уже существующие знания о природе Северной и Северо-Восточной Азии. Созданные карты составят базовый набор в региональной структуре пространственных данных электронного Атласа, на их основе могут быть созданы новые карты геосистем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет средств государственного задания № АААА-А21-121012190063-2.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was performed thanks to the financial support of the state task No. ААААА-А21-121012190063-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас «Байкальский регион: общество и природа». М.: Паулсен, 2021. 320 с.
- Бакланов П.Я.* Территориальная организация и пространственное развитие: соотношение понятий и процессов. Геосистемы восточных районов России: особенности их структур и пространственного развития. Владивосток, 2019. С. 10–16.
- Букс И.И., Байбородин В.Н., Тимирбаева Л.С.* Эколого-фитоценологические комплексы Азиатской России. Карта м-ба 1: 7 500 000. Иркутск, 1977.

Булатов В.И. Функциональная организация и управление в антропогенных ландшафтах. Влияние человека на ландшафт. М.: Мысль, 1977. С. 44–53.

Исаченко А.Г. Интенсивность функционирования и продуктивность геосистем. Известия АН СССР. Серия географическая, 1990. № 5. С. 5–17.

Карпик А.П., Обиденко В.И., Побединский Г.Г. Исследование потребности федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в пространственных данных. Геодезия и картография, 2021. Т. 82. № 2. С. 49–63. DOI: 10.22389/0016-7126-2021-968-2-49-63.

Козин В.В. Средовой подход в ландшафтной экологии. Вестник Тюменского государственного университета, 2009. № 3. С. 4–8.

Коновалова Т.И. Организация геосистем и ее картографирование. Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле», 2012. № 5. С. 150–162.

Кузнецова Т.И. Геосистемно-картографический анализ природных факторов экологического риска бассейна озера Байкал (в пределах России и Монголии). Безопасность жизнедеятельности, 2017. № 7. С. 50–56.

Кузнецова Т.И. Методология конструктивного подхода в геоинформационном картографировании географической среды. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Международной конференции, 2022. Т. 28. № 1. С. 161–174. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-161-174.

Кузнецова Т.И., Батуев А.Р., Бардаш А.В. Природные ландшафты Байкальского региона и их использование. Карта м-ба 1:5 000 000. Иркутск, 2009. Электронный ресурс: <https://irkipedia.ru/content/landshafty-baykala> (дата обращения 15.07.2023).

Михеев В.С. Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. 206 с.

Национальный атлас. Монгольская Народная Республика. Улан-Батор – М., 1990. 140 с.

Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 215 с.

Сочава В.Б. Теоретическая и практическая география. Новосибирск: Наука, 2005. 288 с.

Тарарин А.М. Понятие и реализация базовых наборов пространственных данных в национальной системе пространственных данных Российской Федерации. Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ), 2022. Т. 27. № 2. С. 44–58. DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-2-44-58.

Устойчивое развитие и экологический риск: Терминологический словарь. Ханты-Мансийск, 1998. 32 с.

Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск, 2015. 145 с.

Экологический риск: анализ, оценка, прогноз. Материалы конференции. Иркутск, 1998. 148 с.

Экологическое картографирование Сибири. Новосибирск: Наука, 1996. 279 с.

Berry J.K. Fundamental operations in computer-assisted map analysis. International Journal of Geographical Information Systems, 1987. V. 1. P. 119–136.

Kuznetsova T.I., Bychkov I.V., Batuev A.R., Plyusnin V.M., Ruzhnikov G.M., Khmel'nov A.E. Structural-typological characteristics and ecological potential of the Baikal region's geosystems. Geography and Natural Resources, 2011. V. 32. No. 4. P. 315–322.

Kuznetsova T.I., Lopatkin D.A. Landscape and mapping support of regional geoecological analysis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. V. 381. P. 12–53. DOI: 10.1088/1755-1315/381/1/012053.

Lechthaler M. Interactive and multimedia atlas information system as a cartographic geo-communication platform. Berlin: Springer, 2010. P. 384–402.

REFERENCES

Atlas “Baikal region: society and nature”. Moscow: Paulsen, 2021. 320 p. (in Russian).

Baklanov P.Ya. Territorial organization and spatial development: correlation of concepts and processes. Geosystems of the eastern regions of Russia: features of their structures and spatial development. Vladivostok, 2019. P. 10–16 (in Russian).

Berry J.K. Fundamental operations in computer-assisted map analysis. International Journal of Geographical Information Systems, 1987. V. 1. P. 119–136.

Buks I.I., Bayborodin V.N., Timirbayeva L.S. Ecological and phytocenotic complexes of Asian Russia. Map in scale 1: 7 500 000. Irkutsk, 1977 (in Russian).

Bulatov V.I. Functional organization and management in anthropogenic landscapes. Influence of man on landscape. Moscow: Mysl', 1977. P. 44–53 (in Russian).

Ecological atlas of the Baikal region. Irkutsk, 2017. 145 p. (in Russian).

Ecological mapping of Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1996. 279 p. (in Russian).

Environmental risk: analysis, assessment, forecast. Proceedings of the conference. Irkutsk, 1998. 148 p. (in Russian).

Isachenko A.G. Intensity of functioning and productivity of geosystems. Izvestia AN SSSR. Seriya Geograficheskaya (News of the USSR Academy of Sciences. Geographical series), 1990. No. 5. P. 5–17 (in Russian).

Karpik A.P., Obidenko V.I., Pobedinsky G.G. Study of the needs of federal executive bodies of the Russian Federation in spatial data. Geodesy and Cartography, 2021. V. 82. No. 2. P. 49–63. (in Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2021-968-2-49-63.

Konovalova T.I. Organization of geosystems and its mapping. The Bulletin of Irkutsk State University. Series “Earth Sciences”, 2012. No. 5. P. 150–162 (in Russian).

Kozin V.V. The environmental approach in landscape ecology. Tyumen State University Herald, 2009. No. 3. P. 4–8 (in Russian).

Kuznetsova T.I. Geosystem-cartographic analysis of natural factors of ecological risk of the Lake Baikal basin (within Russia and Mongolia). Bezopasnost' Zhiznedatel'nosti, 2017. No. 7. P. 50–56 (in Russian).

Kuznetsova T.I. Methodology of constructive approach in geoinformatic cartographic geographical environments. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference, 2022. V. 28. No. 1. P. 161–174 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-161-174.

Kuznetsova T.I., Batuev A.R., Bardash A.V. Natural landscapes of the Baikal region and their use. Map in scale 1: 5 000 000. Irkutsk, 2009 (in Russian). Web resource: <https://irkipedia.ru/content/landshafty-baykala> (accessed 15.07.2023).

Kuznetsova T.I., Bychkov I.V., Batuev A.R., Plyusnin V.M., Ruzhnikov G.M., Khmel'nov A.E. Structural-typological characteristics and ecological potential of the Baikal region's geosystems. Geography and Natural Resources, 2011. V. 32. No. 4. P. 315–322.

Kuznetsova T.I., Lopatkin D.A. Landscape and mapping support of regional geoecological analysis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. V. 381. P. 12–53. DOI: 10.1088/1755-1315/381/1/012053.

Lechthaler M. Interactive and multimedia atlas information system as a cartographic geo-communication platform. Berlin: Springer, 2010. P. 384–402.

Mikheev V.S. Landscape-geographical support of complex problems of Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1987. 206 p. (in Russian).

National Atlas. The Mongolian People's Republic. Ulaanbaatar – Moscow, 1990. 140 p. (in Russian).

Polikarpov N.P., Tchebakova N.M., Nazimova D.I. Climate and mountain forests of Southern Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1986. 215 p. (in Russian).

Sochava V.B. Theoretical and Applied Geography. Novosibirsk: Nauka, 2005. 288 p. (in Russian).

Sustainable development and environmental risk: Terminological dictionary. Khanty-Mansiysk, 1998. 32 p. (in Russian).

Tararin A.M. The concept and implementation of basic sets of spatial data in the national system of spatial data of the Russian Federation. Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT), 2022. V. 27. No. 2. P. 44–58 (in Russian). DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-2-44-58.
