



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 178–184

Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 178–184

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-3-178-184>, EDN: NHGCOS

Научная статья

УДК 911.53



Геосистемные исследования территории Тихоокеанской железной дороги в бассейне р. Мулам

Н. А. Николаева, Д. Д. Пинигин[✉]

Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СО РАН, Россия, 677980, г. Якутск, ул. Октябрьская, д. 1

Николаева Надежда Анисимовна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, nna0848@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6831-6613>, Scopus AuthorID: 56909645200

Пинигин Дмитрий Дмитриевич, научный сотрудник, pinigind@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2911-3802>, Scopus AuthorID: 55752669800

Аннотация. В статье рассмотрены экологические аспекты природной среды территории прохождения трассы Тихоокеанской железной дороги в пределах бассейна р. Мулам. Проект имеет особую актуальность для транспортно-логистического обеспечения добычи минерально-сырьевых ресурсов и увеличения экспорта высококачественного угля с Эльгинского угольного месторождения в Южной Якутии в страны Восточной и Юго-Восточной Азии. Трасса дороги в пределах Республики Саха (Якутия) расположена в труднодоступной необжитой территории с недостаточно изученными мерзлотными ландшафтами. Освоение этой территории включает в себя экологические риски, обусловленные низкой устойчивостью мерзлотных природных геосистем к техногенным нарушениям. По комплексу литогенных мерзлотных факторов проведена дифференциация исследуемой территории по степени их устойчивости. Установлено, что исследуемые геосистемы в зависимости от их природной структуры обладают различными степенями устойчивости. Оценена антропогенная нарушенность геосистем, обусловленная различным характером и интенсивностью хозяйственного использования с выделением районов с различной степенью антропогенного нарушения. Составлена карта-схема макрогеохор, находящихся вблизи зоны воздействия Тихоокеанской железной дороги, дифференцированных по различным уровням природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: транспортировка угля, железная дорога, геосистемы, устойчивость, нарушенность, природоохранное районирование

Благодарности. Работа выполнена в рамках проекта государственного задания FWRS-2024-0031 «Комплексные исследования приоритетов развития энергетики Республики Саха (Якутия) с учетом влияния на окружающую среду и разработка способов, методов повышения энергетической эффективности и надежности локальных энергетических систем в труднодоступных изолированных территориях Севера и Арктики».

Для цитирования: Николаева Н. А., Пинигин Д. Д. Геосистемные исследования территории Тихоокеанской железной дороги в бассейне р. Мулам // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 3. С. 178–184. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-3-178-184>, EDN: NHGCOS

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Landscape studies of the Pacific Railway area in the Mulam River basin

N. A. Nikolaeva, D. D. Pinigin[✉]

V. P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 1 Oktyabrskaya St., Yakutsk 677980, Russia

Nadezhda A. Nikolaeva, nna0848@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6831-6613>, Scopus AuthorID: 56909645200

Dmitry D. Pinigin, pinigind@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2911-3802>, Scopus AuthorID: 55752669800

Abstract. The article examines the ecological characteristics of the landscapes along the Pacific Railway route in the Mulam River basin. This project is highly relevant for transportation and logistics infrastructure supporting mineral resource extraction, particularly for increasing exports of high-quality coal from the Elga deposit in South Yakutia to East and Southeast Asia. The railway traverses a remote, uninhabited area with insufficiently studied permafrost landscapes. The development of this territory entails environmental risks due to the low resilience of permafrost geosystems to anthropogenic disturbances. The study revealed that the researched geosystems have degrees of stability, ranging from high to relatively low—depending on their natural structure. Additionally, an assessment of anthropogenic transformation was conducted, accounting for differences in the nature and intensity of economic activity, with areas classified by their degree of transformation (high, relatively high, and relatively low). A landscape (geosystem) zoning map of the territory adjacent to the Pacific Railway was developed, categorizing natural complexes based on their stability and anthropogenic transformation.

Keywords: coal transportation, railway, geosystems, sustainability, transformation, landscape zoning

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state assignment project FWRS-2024-0031 “Comprehensive studies of the priorities for the development of energy in the Republic of Sakha (Yakutia), taking into account the impact on the environment and the



development of methods and techniques for increasing the energy efficiency and reliability of local energy systems in hard-to-reach isolated areas of the North and the Arctic.”

For citation: Nikolaeva N. A., Pinigin D. D. Landscape studies of the Pacific Railway area in the Mulam River basin. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 3, pp. 178–184 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-3-178-184>, EDN: NHGCOS

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Решение проблем минерально-сырьевой и энергетической безопасности Российской Федерации в значительной степени связано с освоением северных и северо-восточных регионов России [1], в том числе в Республике Саха (Якутия). Эльгинское угольное месторождение является самым крупным на территории страны, запасы которого насчитывают свыше 2.2 млрд тонн угля премиальной категории, к 2027 г. объем годовой добычи возрастет до 52 млн тонн [2].

В связи с внешнеэкономической переориентацией России на страны Восточной и Юго-Восточной Азии особую актуальность приобрел вопрос модернизации транспортно-логистического обеспечения добычи минерально-сырьевых ресурсов Дальнего Востока. По этой причине в начале 2025 г. была введена в эксплуатацию Тихоокеанская железная дорога протяженностью 531 км по Республике Саха (Якутия) и Хабаровскому краю, которая призвана оптимизировать экспортно-импортную логистику Дальневосточного региона. Маршрут новой дороги протянулся от Эльгинского угольного месторождения до побережья Охотского моря, где возводится новый порт Эльга на мысе Манорский. Проектная мощность только угольного терминала «Порт Эльга» составит 30 млн тонн угля в год с перспективой увеличения до 50 млн тонн в год, откуда он пойдет на экспорт, прежде всего в Китай [3].

Вместе с тем эксплуатация железных дорог с мостовыми переходами через реки может изменить характер сложившихся природных взаимосвязей и привести к возникновению или активизации нежелательных природных процессов. Так, трасса является гидрологическим барьером для поверхностного и подземного стоков, что может привести к обострению экзогенных процессов и к техногенной геохимической миграции.

Транспортировка экспортируемых ресурсов по Тихоокеанской железной дороге также может иметь экологические риски, обусловленные пионерным характером освоения труднодоступной территории с суровыми природно-климатическими условиями, наличием криолитозоны и слабой устойчивостью природных комплексов к антропогенному воздействию. В случае недостаточной реализации необходимых природоохранных мероприятий экологические риски

могут привести к нарушению экологической обстановки [4].

Актуальность изучения экологических аспектов освоения новых территорий Южной Якутии предопределила развитие различных научных исследований по их изучению с применением различных методик. Среди них немаловажное значение имеют ландшафтные методики исследования и методики ГИС-технологий с применением дешифрирования космических снимков. Ландшафтные методики предполагают системное изучение связей между природными и техногенными объектами и позволяют адекватно соотносить предлагаемые природоохранные мероприятия в соответствии с экологической обстановкой.

Целью статьи является геоэкологическое районирование прилегающей к трассе Тихоокеанской железной дороги территории в пределах бассейна р. Мулам с ландшафтно-дифференцированными природоохранными мероприятиями.

Материал и методика исследований

Методической основой работы явились методические положения эколого-географического районирования и методика геосистемного анализа, основа которых была заложена В. Б. Сочавой, В. С. Преображенским, Б. И. Кочуровым [5–7] и другими учёными. Так, объектом геоэкологического районирования выступают современные ландшафты или геосистемы, оцененные либо по характеру и степени антропогенного влияния и преобразованности природных ландшафтов, либо по степени экологического неблагополучия [4].

В целях создания среднемасштабной карты ландшафтов района исследования были использованы: 1) для левобережья р. Мулам – карта масштаба 1 : 100 000 из работы [8]; 2) для правобережья р. Мулам создана карта-схема типов местностей на основе топографической карты масштаба 1 : 200 000, данных дистанционного зондирования масштаба 1 : 300 000 (космоснимки SRTM), космоснимков онлайн-сервисов открытого доступа [9–11].

Сведения по площадям нарушенных земель исследуемого района получены в процессе обработки многоспектральных снимков 2024 г. космических аппаратов Sentinel-2a и Sentinel-2b с отображением индекса растительности NDVI, а также анализа полученных растровых изображений в ПО QGIS 3 [12].



Результаты и их обсуждение

Территория прохождения трассы Тихоокеанской железной дороги расположена в непосредственной близости от Эльгинского угольного комплекса в суровых и безлюдных условиях горноредколесной тайги. Она простирается по Алданскому гольцово-таежному нагорью и относится к Токинской котловине, представляющей собой платообразную денудационную равнину с плоским и полого-увалистым рельефом. В физико-географическом отношении относится к стране гор Южной Сибири, Тимптоно-Учурской среднегорной провинции Укикитканского предгорного района [13, 14].

Для представления о геосистемной структуре района применен принцип двухрядной классификации геосистем [15], для которой характерно совмещение двух начал – гетерогенности и гомогенности. При этом макрогеохорой (ландшафтом) называется наиболее крупная топологическая и наименьшая региональная единица, что обеспечивает соблюдение принципа системного подхода к районированию. В ряду геомеров ей соответствует геом. При обобщении в геом принимаются во внимание все критические компоненты подчиненных геосистем – мезоформы рельефа, гидротермические характеристики, растительные и почвенные особенности. В узловых звеньях структурные особенности и свойства рядов геомеров и геохор взаимообусловлены.

Особенности геосистемной дифференциации изучаемой территории характерны для гористой области Южной Сибири – Токинского Становика и Токинской впадины, что отражено в пестрой мозаике природных комплексов от подгольцовых и горноредколесных до горно-таежных. Их структура состоит из плоскогорно-привершинных, горносклоновых малой, средней и сильной крутизны, предгорных моренных, предгорных зандровых и горнодолинных геомов (ландшафтов), расположенных в пределах Алгоминской возвышенной, Укикитской горнодолинной, Укикит-Эльгинской пологоволнистой,

Эльгинской возвышенной и Укикитканской моренной макрогеохор [16, 17].

Оценка степени устойчивости геосистем

Железная дорога проходит преимущественно по территории сплошного и прерывистого, перемежающегося с прерывисто-островным, распространения многолетнемерзлых пород. В связи с этим методической основой для определения степени устойчивости природных комплексов явилась методика покомпонентного влияния ведущих мерзлотных характеристик на снижение устойчивости мерзлотного ландшафта [18]. Мерзлотные ландшафты, литогенной основой которых являются льдонасыщенные грунты, наиболее уязвимы к техногенным воздействиям, и их устойчивость, в первую очередь, зависит от объемной льдистости поверхностных отложений. «...устойчивыми являются многолетнемерзлые отложения с объемной льдистостью до 20%, а неустойчивыми – более 40. Мерзлотные ландшафты, литогенная основа которых характеризуется средней годовой температурой -1°C и выше, относятся к переходным неустойчивым..., а таковые с температурой ниже -5°C – к устойчивым» [19, с. 6].

Согласно методике [18] и при помощи данных [13, 14, 19] составлена таблица оценки влияния мерзлотных показателей на снижение устойчивости геосистем территории исследования (табл. 1).

Проведено ранжирование мерзлотных показателей соответственно экспертным оценочным баллам, присвоенным каждой геосистеме по степени их влияния на снижение устойчивости. Обобщенное влияние мерзлотных показателей оценивалось суммой баллов, характеризующих степень устойчивости геосистемы: чем больше суммарный балл, тем менее устойчивой [20] она является. Так, при 11 баллах и ниже геосистема является устойчивой; при 12–16 баллах – среднеустойчивой и неустойчивой при 17 и более баллах.

В табл. 2 дана характеристика мерзлотных показателей геосистем исследуемой территории

Таблица 1

Оценка влияния литогенных показателей на снижение устойчивости геосистем

Мерзлотные показатели	Оценка влияния, баллы			
	1	2	3	4
	Не влияет	Слабо влияет	Заметно влияет	Нарушает
Объемная льдистость отложений, %	До 0.1	0.1–0.2	0.2–0.4	0.4 и более
Температура грунтов, $^{\circ}\text{C}$	От -5 и ниже	От -5 до -2	От -2 до -1	От -1 до $+1$
Мощность рыхлых отложений, м	< 1.5	1.5–3.0	3–5	> 5.0
Крутизна склонов, град.	До 2	2–5	5–10	10 и более
Характер распространения многолетнемерзлых пород	Сплошной	Сплошной и прерывистый	Прерывистый	Прерывистый и островной



Таблица 2

**Мерзлотные показатели геосистем территории Тихоокеанской железной дороги
и оценка степени их устойчивости**

Макрогеохора	Объемная льди́стость, отн.ед.	Температура пород, град	Мощность отложе- ний, м	Крутизна склонов, град	Характер распростра- нения мерзлоты	Сумма баллов
	Сумма баллов	Сумма баллов	Сумма баллов	Сумма баллов	Сумма баллов	
Эльгинская возвышенная	0.2–0.4 3	–2... –6 3	2.0–3.0 3	< 3 2	Сплошной 1	11
Укикит-Эльгинская полого- волнистая	0.2–0.6 4	1... –2 3	3.0–5.0 3	3–10 3	Сплошной и прерыв. 2	15
Укикитканская предгорная	0.2–0.7 4	–0.5... –1.5 3	100 4	3–10 3	Прерыв. 3	17
Токинская зандровая	0.2–0.4 3	–2... –4 2	10–15 4	2–5 2	Сплошной и прерыв. 2	13
Муламская горно-долинная	0.1–0.7 4	0.5... –2 4	2.0–5.0 3	< 3 2	Прерыв. и островн. 4	17
Якодакитская пологосклонная	0.2–0.6 4	1... –2 3	2.0–3.0 2	< 3 2	Сплошной и прерыв. 2	11

Примечание. В числителе – мерзлотные и биоклиматические показатели, в знаменателе – суммарное количество баллов.

[13, 14] и оценка их устойчивости по суммарному количеству баллов.

В результате оценивания степени устойчивости каждой геосистемы территории, прилегающей к Тихоокеанской железной дороге, выявлено, что они характеризуются различной степенью устойчивости к механическим техногенным нарушениям. Так, плоскогорно-привершинные лиственнично-редколесные и подгольцовые геомы характеризуются повышенной льдистостью, способствующей неустойчивости, но низкая температура горных пород, наличие сплошного распространения мерзлых грунтов и почти плоский рельеф уравнивают это влияние и обуславливают относительно слабую активность криогенных процессов. В результате данные геосистемы будут устойчивы к нарушениям [20].

Горносклоновые лиственничные редколесные с рединами со склонами различной крутизны и предгорно-зандровые геомы отнесены к относительно устойчивым в связи с наличием основных факторов, обеспечивающих проявление криогенно-геологических процессов [20] – довольно мощным слоем рыхлых отложений, горными склонами различной крутизны, а также сплошным и прерывистым характером мерзлых пород. Предгорные моренные комплексы отне-

сены к неустойчивым благодаря высокой льдистости, большой мощности отложений и крутым склонам, а также прерывистым мерзлым породам. Горно-долинные комплексы характеризуются очень низкими температурами, что придает им устойчивость, но в сочетании с высокой льдистостью, крутизной склонов (кроме пологих) и прерывисто-островным характером мерзлых пород, способствующими значительной активности криогенных процессов, также отнесены к неустойчивым [20].

В целом природные комплексы исследуемой территории характеризуются относительной устойчивостью к механическим нарушениям.

Оценка антропогенной нарушенности

Антропогенная нагрузка оценивалась как подсчитанная площадь выявленных преобразованных территорий в пределах отдельной макрогеохоры [21]. В итоге макрогеохоры ранжированы по баллам в соответствии с различными степенями антропогенной нагрузки: от высокой (преобладание нарушенных земель ЭУК), относительно высокой (железная и грунтовые дороги, ЛЭП, охотничье-рыболовное хозяйство), относительно невысокой и низкой (приближен-



ные к естественным земли и ООПТ «Большое Токко» [4].

Наиболее преобразованной остается территория Эльгинского горно-обогатительного комплекса, которая относится к горно-привершинным подгольцовым и горносклоновым горно-редколесным типам геомов. Повышенная степень техногенного воздействия характерна для горных долин с лиственничными редколесьями и горносклоновых редколесий, занятых лесохозяйственной деятельностью со строительством линейных сооружений. Относительно невысокий уровень антропогенных изменений характерен в целом для всех остальных геомов, но в большей степени – для горнодолинных, в меньшей – для предгорно-зандровых геомов, а также для территории ООПТ [16].

В результате проведено геосистемное районирование изучаемой территории с выделением макрогеохор и геомов, а также их дифференциация по степени устойчивости и антропогенной нарушенности (рисунок).

Для уменьшения антропогенного воздействия на природную среду территории освоения необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, направленных на ее сохранение. С этой целью для исследуемой территории были предложены различные уровни природоохранных мероприятий, распределенных по макрогеохорам в соответствии с их устойчивостью и нарушенностью (табл. 3).

К плоскогорно-привершинным геосистемам с горными лиственничными редколесьями с подгольцами на сплошных мерзлых породах относится Эльгинская возвышенная макрогеохора с наибольшим антропогенным воздействием и интенсивно развивающимся Эльгинским угольным комплексом, а также повышенной устойчивостью. Здесь необходим повышенный уровень охраны природы, включающий изъятие из использования и рекультивацию отчужденных под добычу угля территорий, соблюдение регламентов с недопущением загрязнения воздуха и качества воды в водотоках.

Основным видом использования горносклоновых, горнодолинных лиственничных редколесий и редин, где проходит трасса железнодорожной магистрали, является лесное хозяйство с преимущественным развитием охотничье-рыболовных промыслов, наличием вырубков, гарей, ЛЭП, грунтовых дорог, со средней и слабой степенью антропогенной нарушенности. Природоохранные мероприятия должны иметь высокий уровень, носить профилактический характер и быть направлены на предотвращение деградации почвенно-растительного покрова и сохранение пород в твердом состоянии; соблюдение правил охоты и рыбной ловли; обеспечение миграции диких животных.

Для слабоустойчивых предгорных моренных, зандровых и горнодолинных геосистем, где расположен охраняемый ресурсный резерват



Карта-схема геосистемного районирования территории Тихоокеанской железной дороги в бассейне р. Мулам. Масштаб 1 : 250 000

Условные обозначения: а – Тихоокеанская железная дорога; б – преобразованные территории; в – макрогеохоры; А, В, С – степени устойчивости геомов: А – относительно высокая, В – средняя, С – относительно низкая; I, II, III – степени антропогенной нарушенности: I – высокая, II – повышенная; III – относительно низкая; г – геомы: 1 – плоскогорно-привершинный с горными лиственничными редколесьями кустарничково-зеленомошными и лишайниковыми с подгольцами на прерывистых мерзлых породах; 2 – горносклоновый с лиственничными редколесьем или рединами кустарничково-лишайниковые и моховые на прерывистых или сплошных мерзлых породах; 3 – предгорный моренный с лиственничным редколесьем кустарничково-лишайниковые и моховые на прерывистых мерзлых породах; 4 – зандровый с лиственничными редидами; 5 – горнодолинный с лиственничными редидами и редколесьями кустарничково-сфагновыми с пушицей; 6 – ерниковые на прерывистых и островных мерзлых породах (цвет онлайн)



Таблица 3

Характеристики макрогеохор и рекомендуемые уровни природоохранных мероприятий

Макрогеохора	Степень устойчивости	Площадь преобразованных территорий, га	Описание выявленных изменений	Степень преобразованности	Уровни природоохранных мероприятий
Эльгинская возвышенная	Относительно высокая	4640,1	Горные выработки, отвалы пустых пород, промплощадки, линейные сооружения, пруды-отстойники	I	Повышенный
Укикит-Эльгинская пологоволнистая	Средняя	80,6	Вездеходные тропы, следы геологической разведки	II	Высокий
Укикитканская предгорная	Относительно низкая	187,6	Железнодорожные насыпи, автодороги, площадки добычи общераспространенных ископаемых	II	Высокий
Токинская зандровая	Средняя	–	–	III	Наивысший
Муламская горнодолинная	Относительно низкая	104,1	Железнодорожная насыпь, автодороги, вездеходные тропы	II	Высокий
Якодакитская пологосклонная	Относительно высокая	–	–	III	Наивысший

озера Большое Токко, характерны относительно невысокая и слабая степени антропогенной нарушенности. Это определяет рекомендацию наивысшего уровня природоохранных мероприятий, включающих противопожарную деятельность, соблюдение оптимальных нагрузок на геосистемы, норм и правил охоты и рыболовства [4]. Большое значение имеют мероприятия по сохранению легкоуязвимой растительности и почвенного покрова в связи с водоохранной, склонозащитной и криогеннозащитной функциями территорий.

Таким образом, ландшафтный (геосистемный) подход обеспечивает разработку пространственно-дифференцированной по типам ландшафтов и уровням интенсивности системы природоохранных мероприятий [4], что отвечает экологическим требованиям оптимизации природопользования в криолитозоне.

Заключение

Разработана пространственно-дифференцированная по типам ландшафтов, степеням устойчивости, антропогенной нарушенности, а также по уровням интенсивности системы природоохранных мероприятий карта-схема геоэкологического районирования территории Тихоокеанской железной дороги.

Определено, что геосистемы территории трассы железной дороги характеризуются различной степенью устойчивости к механическим техногенным нарушениям. Так, низкотемпературные плоскогорно-привершинные лиственнично-редколесные и подгольцовые геомы со сплош-

ным распространением мерзлых грунтов будут устойчивы к механическим нарушениям. Горносклоновые лиственничные редколесные с редианами со склонами различной крутизны и предгорно-зандровые геомы отнесены к относительно устойчивым. Предгорные моренные и горно-долинные комплексы оценены как неустойчивые в связи с сочетанием литогенно-мерзлотных факторов, способствующих значительной активности криогенных процессов [4].

Территория горных разработок Эльгинского угольного комплекса, приуроченная к горнопривершинным подгольцовым и горносклоновым горно-редколесным геосистемам, характеризуется высокой степенью техногенных преобразований. Относительно высокая степень преобразованности характерна для горных долин с лиственничными редколесьями и горносклоновых редколесий, занятых железнодорожным полотном. Относительно невысокая антропогенная измененность характерна для горносклоновых и горно-долиновых геосистем, горных привершинных и горносклоновых геосистем, занятых ЛЭП, автомобильными дорогами, землями резервата.

Результаты работы по геоэкологическому районированию прилегающей к Тихоокеанской железной дороге территории направлены на решение вопросов экологической безопасности и могут быть использованы республиканскими органами власти при оценке последствий начального этапа эксплуатации железной дороги и способствовать совершенствованию территориальной организации природопользования на Севере.



Библиографический список

1. Асеев А. Л., Лебедев М. П. О концепции Программы комплексных научных исследований в Республике Саха (Якутия) // Экономика Востока России. 2015. № 2 (4). С. 9–11. EDN: VHCKLD
2. Эльгинское угольное месторождение: развитие, роль, перспективы. URL: <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/elginskoe-ugolnoe-mestorozhdenie-razvitie-rol-perspektivy-23941/> (дата обращения: 24.03.2025).
3. Тихоокеанская железная дорога: Транссиб и БАМ дополняются новым стратегическим коридором. URL: <https://www.fondsk.ru/news/2024/07/20/tikhookeanskaya-zheleznaya-doroga-transsib-i-bam-dopolnyayutsya-novym> (дата обращения: 03.03.2025).
4. Петров Н. А., Николаева Н. А., Пинигин Д. Д. Природоохранное районирование территории промышленного освоения Алгома-Муламского междуречья в Южной Якутии // Естественные и технические науки. 2017. № 8. С. 30–34. EDN: ZHDQSP
5. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, Сибирское отд-ние, 1978. 319 с. EDN: TARVMP
6. Преображенский В. С., Александрова Т. Д., Куприянова Т. П., Розов М. А. Основы ландшафтного анализа. М. : Наука, 1988. 192 с.
7. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск : Изд-во Смоленского гуманитарного университета, 1999. 154 с.
8. Варламов С. П., Васильев И. С., Торговкин Я. И. Особенности ландшафтной структуры района строительства Эльгинского угольного комплекса и прилегающей территории // Наука и образование. 2011. № 4. С. 21–24. EDN: OXMGZT
9. Patnaik S., Dey P. Population, Development, and Assessment of Environmental Change: An Ecological Landscape Analysis // Population Resource and Development: Issues and Concerns. Guwahati : Gauhati University, 2023. P. 51–64.
10. Prasannakumar V., Shiny R., Geetha N., Vijith H. Applicability of SRTM data for landform characterisation and geomorphometry: A comparison with contour-derived parameters // International Journal of Digital Earth. 2011. Vol. 4, iss. 5. P. 387–401. <https://doi.org/10.1080/17538947.2010.514010>
11. Drăguț L., Blaschke T. Terrain Segmentation and Classification using SRTM Data // Advances in Digital Terrain Analysis / eds. Q. Zhou, B. Lees, G. Tang. Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. P. 141–158. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77800-4_8.
12. Чащин А. Н., Гилёв В. Ю. Оценка мощности плодородного слоя техногенно-нарушенных почв с применением вегетационного индекса NDVI // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10, вып. 3. С. 290–305. <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2020-10-3-290-305>, EDN: WVYTHL
13. Федоров А. Н., Ботулу Т. А., Варламов С. П., Васильев И. С., Грибанова С. П., Дорофеев И. В., Климовский И. В., Самсонова В. В., Соловьев П. А. Мерзлотные ландшафты Якутии: Пояснительная записка к «Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР». Новосибирск : Новосибирская картографическая фабрика ГУТК СССР, 1989. 70 с. EDN: RVILMP.
14. Федоров А. Н., Торговкин Я. И., Шестакова А. А., Васильев И. Ф., Макаров В. С., Калиничева С. В., Башарин Н. И., Егорова Л. С., Константинов П. Я., Самсонова В. В., Николаев А. Н., Галанин А. А., Лыткин В. М., Угаров И. С., Шепелев А. Г., Васильев А. И., Ефремов П. В., Иванова Р. Н., Аргунов Р. Н. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1 : 1 500 000 / гл. ред. М. Н. Железняк. Якутск : ИМЗ СО РАН, 2018. 2 л. Фонды ИМЗ.
15. Снытко В. А., Семенов Ю. М., Мартынов А. В. Ландшафтно-геохимический анализ геосистем КАТЭКа. Новосибирск : Наука. Сибирское отд-ние, 1987. 110 с. EDN: RXKDDX
16. Николаева Н. А., Пинигин Д. Д. Антропогенное изменение ландшафтов зоны освоения Эльгинского каменноугольного месторождения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2. С. 159–163. EDN: WKPITZ
17. Пинигин Д. Д., Ноговицын Д. Д., Николаева Н. А., Шеина З. М., Сергеева Л. П. Система методов исследования природно-техногенных систем Эльгинского угольного комплекса // Труды VIII Евразийского симпозиума по проблемам прочности материалов и машин для регионов холодного климата EURASTRENCOLD–2018. Якутск : ООО «Цумори Пресс», 2018. С. 236–238. EDN: XZTBEL
18. Шполянская Н. А., Зотова Л. И. Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 1994. № 1. С. 56–65. EDN: KPAUEF
19. Васильев И. С., Федоров А. Н., Варламов С. П., Торговкин Я. И., Васильев А. И., Шестакова А. А. Устойчивость криогенных ландшафтов на северном участке трассы железной дороги Якутии // Наука и образование. 2009. № 2. С. 4–9. EDN: KPAUEF
20. Николаева Н. А., Пинигин Д. Д. Оценка устойчивости ландшафтов территории освоения Эльгинского каменноугольного месторождения // География и природные ресурсы. 2019. № 1. С. 45–51. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-1\(45-51\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(45-51)). EDN: YUTTKP
21. Скрипко М. С., Платонова С. Г., Скрипко В. В. Оценка устойчивости поверхности (на примере Обь-Чумышского междуречья, Алтайский край) // Географический вестник. 2022. № 3 (62). С. 109–125. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-3-109-125>, EDN: QOJVUA

Поступила в редакцию 21.04.2025; одобрена после рецензирования 24.05.2025; принята к публикации 29.05.2025; опубликована 30.09.2025

The article was submitted 21.04.2025; approved after reviewing 24.05.2025; accepted for publication 29.05.2025; published 30.09.2025