

УДК 91:502.7

DOI 10.17513/use.38408

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛАНДШАФТОВ БАСЕЙНА РЕКИ ПЕЛЕДУЙ В ЗОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТАЛАКАНСКОГО НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Николаева Н.А., Пинигин Д.Д.

*ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»
Институт физико-технических проблем Севера имени В.П. Ларионова Сибирского отделения
Российской академии наук, Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru*

В бассейне р. Пеледуй расположен комплекс по добыче и переработке нефти и газа на базе крупного Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения. Территория характеризуется особыми условиями рискованного природопользования, среди которых основным является наличие криолитозоны, обусловившее слабую устойчивость ландшафтов к техногенным воздействиям. Целью исследования явилась экологическая оценка ландшафтов, в частности оценка степени устойчивости ландшафтов и их антропогенной преобразованности. Для этого были использованы методика покомпонентного влияния ведущих мерзлотных характеристик на снижение устойчивости ландшафта, а также метод средневзвешенного балла. В качестве показателей оценки устойчивости были приняты мерзлотно-литогенные и биоклиматические характеристики ландшафтов. В результате определено, что основные ландшафтообразующие факторы обусловили схожие условия теплообеспеченности и увлажнения растительности ландшафтов, обеспечившие среднюю степень их устойчивости. Разброс ландшафтов с различной устойчивостью обусловлен преимущественно локальными мерзлотными условиями. Для оценивания антропогенной нарушенности был определен показатель преобразованности ландшафтов, возрастающий по мере увеличения степени хозяйственного воздействия на них. Выявлено, что воздействие нефтегазового комплекса на природную среду носит очаговый характер и антропогенная преобразованность ландшафтов бассейна р. Пеледуй является невысокой.

Ключевые слова: бассейн р. Пеледуй, нефтегазодобывающий комплекс, ландшафты, устойчивость, нарушенность

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».

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF LANDSCAPES OF THE PELEDUY RIVER BASIN IN THE AREA OF ACTIVITIES OF THE TALAKAN OIL AND GAS PRODUCTION COMPLEX

Nikolaeva N.A., Pinigin D.D.

*Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
“Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru*

In the Peleduy River basin there is a complex for the extraction and processing of oil and gas based on the large Talakan oil and gas condensate field. The territory is characterized by special conditions of risky nature management, among which the main one is the presence of a cryolithozone, which has caused the weak resistance of landscapes to man-made impacts. The aim of the study was the ecological assessment of landscapes, in particular, the assessment of the degree of stability of landscapes and their anthropogenic transformation. For this purpose, the method of component-wise influence of leading permafrost characteristics on the reduction of landscape stability, as well as the weighted average score method, were used. The indicators of permafrost-lithogenic and bioclimatic conditions of landscape functioning were adopted as indicators for assessing sustainability. As a result, it was determined that the main landscape-forming factors determined similar conditions of heat supply and moisture of landscape vegetation, which ensured an average degree of their stability. The range of landscapes with different stability is determined mainly by local permafrost conditions. To assess anthropogenic disturbance, an indicator of landscape transformation was determined, increasing as the degree of economic impact on them increases. It was revealed that the impact of the oil and gas complex on the natural environment is focal in nature and the anthropogenic transformation of the landscapes of the Peleduy River basin is low.

Keywords: Peleduy River Basin, oil and gas production complex, landscapes, sustainability, anthropogenic disturbance

The work was carried out within the framework of the state assignment project FWRS-2024-0031 “Comprehensive studies of 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”.

Введение

Бассейн р. Пеледуй является крупным левым притоком в среднем течении р. Лены в юго-западной части Республики Саха (Якутия). Река протекает в пределах Приленского структурно-денудационного плато Среднесибирского плоскогорья в области распространения прерывистых многолетне-мерзлых пород. На территории расположен производственный комплекс ПАО «Сургутнефтегаз», являющийся одним из основных центров добычи нефти и газа, который создан на базе Талаканского нефтегазоконденсатного месторождения. Крупнейшее месторождение расположено на Непско-Пеледуйском своде северо-восточного склона Непско-Ботуобинской области, которое отличается уникально высокой плотностью ресурсов углеводородов и является одним из наиболее богатых на Сибирской платформе [1, 2]. Комплекс расположен вблизи магистрального газопровода «Сила Сибири» и нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан». С 2012 г. нефть и газ стали экспортироваться в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, что в перспективе связано с экспортной ориентированностью на Китай [3], являющийся одним из крупнейших мировых потребителей, что в современных условиях имеет огромное экономическое и стратегическое значение для России.

Горнодобывающее производство в условиях Севера неизменно сопровождается техногенной нагрузкой на мерзлотные ландшафты, отличающиеся различной степенью устойчивости, что дает основание для экологической оценки воздействия промышленного освоения на состояние природной среды с различных сторон, в том числе оценки степени устойчивости и антропогенной преобразованности ландшафтов.

Цель исследования – оценка устойчивости и антропогенной преобразованности ландшафтов в зоне деятельности Талаканского нефтегазодобывающего комплекса в бассейне р. Пеледуй.

Материалы и методы исследования

Теоретическим обоснованием изучения ландшафтно-экологических особенностей территории явились принципы геоэкологического подхода, обеспечивающие комплексное изучение связей между природными и техногенными объектами. Основой работы послужили геосистемный [4, с. 62] и геоэкологический [5; 6] методы исследования. Для оценки устойчивости ландшафтов применен оценочный метод покомпонент-

ного анализа влияния основных мерзлотных и биогидроклиматических факторов на снижение устойчивости ландшафтов [7], геоинформационный метод исследования [8] и Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия) [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Природные условия территории предопределены расположением в пределах Приленского среднетаежного пластового плато, характеризующегося холмисто-увалистым рельефом с вкраплениями плоских равнинных участков [10].

Ландшафты исследуемой территории по мерзлотно-ландшафтному районированию Якутской АССР относятся к физико-географической стране Средняя Сибирь Нью-Олекминской увалистой провинции [11].

Фрагмент Мерзлотно-ландшафтной карты Республики Саха (Якутия) [9] представляет карту-схему ландшафтов бассейна р. Пеледуй (с отображением трассы нефтепровода ВСТО) в масштабе 1: 2 500 000 (рисунок).



Карта-схема ландшафтов территории бассейна р. Пеледуй: 1а – лиственничные леса с примесью сосны и ели пологосклоновые делювиально-солифлюкционные; 1б – лиственничные редины пологосклоновые делювиально-солифлюкционные; 2а – лиственничные леса с примесью кедра и ели на приводораздельных элювиальных пространствах; 2б – сосново-лиственничные леса приводораздельные элювиальные; 3 – мелкодолинные лиственничные леса с елью и сосной

Оценка устойчивости мерзлотных ландшафтов основывается на потенциальной возможности развития криогенных дефор-

маций грунта, в связи с чем ее можно оценить по ряду мерзлотных характеристик [12]. Наиболее репрезентативными являются льдистость и температура мерзлых толщ, то есть чем выше температура и сильнее льдистость мерзлых пород, тем неустойчивее данный ландшафт, и, наоборот, чем ниже температура пород и слабее льдистость, тем устойчивее данная территория [13]. Также ландшафтообразующим фактором являются биогидроклиматические показатели, обеспечивающие природные комплексы условиями увлажнения и теплообеспеченности. Характеристики мерзлотных показателей получены по Мерзлотно-ландшафт-

ной карте РС (Я) 2018 г. [9], биогидроклиматические – по Пояснительной записке к Мерзлотно-ландшафтной карте РС (Я) [11, с. 12] и приведены в табл. 1, 2.

Разработана шкала соответствия степени устойчивости оценочным баллам, по которой устойчивыми являются ландшафты с 15 и менее баллами; средне- и слабоустойчивыми – от 16 до 17 баллов; неустойчивыми с 18 и более баллами. Интегральное влияние учитываемых показателей каждого ландшафта характеризует степень его устойчивости. В результате нами получена оценка устойчивости ландшафтов территории бассейна р. Пеледуи (табл. 3).

Таблица 1

Мерзлотные и биогидроклиматические показатели ландшафтных провинций территории бассейна р. Пеледуи

Обозначения ландшафтов	Мощность (стс/смс), м	Температура мерзлых пород, °С	Объемная льдистость пород, доли ед.	Характер распространения мерзлых пород	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспеченность, град	Индекс сухости, ккал, см ² /год
1а	1,6–2,0	-0,2...-1	0,2–0,4 (0,6)	прерывистый	1200–1500	1200–1400	1,0–1,5
1б	1,0–1,5	-1...-2	0,2–0,4 (0,6)	прерывистый	1200–1500	1200–1400	1,0–1,5
2а	2,0–3,0	0...-1	до 0,2...0,2–0,4	прерывистый	1200–1500	1200–1400	1,0–1,5
2б	2,5–3,5	0...1	до 0,2...0,2–0,4	прерывистый	1200–1500	1200–1400	1,0–1,5
3	1,5–2,0	0,5...-1	0,2 – 0,4	прерывистый	1200–1500	1200–1400	0,5–1,0

Таблица 2

Оценка влияния мерзлотных и биоклиматических условий на снижение устойчивости ландшафтов территории бассейна р. Пеледуи

Геокриологические и биоклиматические условия	Оценка влияния в баллах			
	1 балл устойчивые	2 балла среднеустойчивые	3 балла слабоустойчивые	4 балла неустойчивые
Мощность сезонно-талого (стс) и сезонно-мерзлого (смс) слоев, м	2,0–3,0	1,5–2,5	1,0–2,0	менее 1,0
Температура грунтов, °С	от -5 °С и ниже	от -5 до -2°	от -2 до -1°	от -1° до +1°
Льдистость отложений (объемная), отн. ед.	0,1–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6 и более
Характер распространения многолетнемерзлых пород	сплошной	сплошной с подрусловыми таликами	прерывистый	островной
Запасы фитомассы, ц/га	1200–2000	400–1000	330 –720	20–130
Теплообеспеченность, град.	теплые, более 1600	умеренно теплые, 1200–1600	умеренно холодные, 700–1200	холодные, менее 700
Индекс сухости, ккал.см ² /год	влажные 0,5–1,0	умеренно влажные 1,0-1,5	недостаточно влажные 1,5–2,5	избыточно влажные 0,5

Источник: составлено авторами на основе таблиц из [11; 14].

Таблица 3

Оценка степени устойчивости ландшафтов территории бассейна р. Пеледуй (сопоставление на 2018 г.)

Тип местности	Мощность стс/смс, м	Температура пород, °С	Объемная льдистость пород, %	Характер распространения мерзлоты	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспеченность, °С	Индекс сухости, ккал. см ² /год	Сумма баллов
1а	2	3	4	3	1	2	2	17
1б	2	3	4	3	1	2	2	17
2а	1	4	2	3	1	2	2	15
2б	1	4	2	3	1	2	2	15
3	3	4	4	3	1	2	1	18

Расположение исследуемых ландшафтов на территории плато с небольшой амплитудой высот, идентичные геоморфологические и стратиграфические условия обусловили схожие условия теплообеспеченности и увлажнения лесной растительности, обеспечившие в целом среднюю степень их устойчивости к техногенным нарушениям. Разброс ландшафтов с различной устойчивостью обусловлен преимущественно локальными мерзлотными условиями. Наиболее устойчивыми явились элювиальные ландшафты, поросшие лиственничными и сосново-лиственничными лесами на междуречных и приводораздельных участках; менее устойчивыми – пологосклонные ландшафты с лиственничными лесами и рединами делювиально-солифлюкционные [15]; мелкодольные ландшафты на малых реках определены как наименее устойчивые. Таким образом, ландшафты бассейна р. Пеледуй в целом обладают средней степенью устойчивости.

Воздействие комплексов по добыче и переработке минерально-сырьевых ресурсов на природную среду приводит к нарушению всех ее взаимосвязанных компонентов. Методически антропогенное изменение ландшафтов оценивается авторами от изменений различных компонентов природной среды до изменений площадей ландшафтов в целом [6; 16; 17].

В труднодоступных отдаленных северных территориях в первом приближении возможно оценивание антропогенной нарушенности ландшафтов по территориальному признаку, то есть по объему изъятия

вещества основных компонентов, выраженной в процентной доле площади каждого вида хозяйственного использования от общей площади территории [5]. Для этого необходимо выявить структуру хозяйственного использования земель, обусловленную направленностью и видами хозяйственной деятельности региона. В связи с этим на территории бассейна р. Пеледуй выделены следующие виды использования земель: промышленные земли добычи и переработки нефтегазовых ресурсов, транспорта, энергетики; населенных пунктов, вырубок и геологоразведочных работ; земли охотничьего и пушного промысла, лесозаготовок; земли особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Комплексной характеристикой измененности земель исследуемой территории может явиться показатель антропогенной преобразованности территории [5; 6]. Виды используемых земель были ранжированы по степени их нарушения путем присвоения баллов преобразованности ландшафта (от 1 до 5), возрастающих по мере увеличения степени хозяйственного воздействия и количества нарушаемых компонентов природы. В результате виды использования земель объединены в четыре группы по степеням нарушенности: 1) сильной степени (5 баллов), куда вошли земли промышленного освоения; 2) умеренной степени (4 балла) – сельтба, вырубки, геологоразведка; 3) слабой степени (2 балла) – лесопокрытые земли, используемые под промыслы, вырубки, лесозаготовку; 4) практически неизменные земли (1 балл) зоны ООПТ.

Таблица 4

Показатели антропогенной преобразованности ландшафтов
видами использования земель (данные на 2024 г.)

Виды использования земель	Балл антропогенной преобразованности, г	Площади видов использования земель, S _i , км ²	Доли площадей земель от общей площади, %	Антропогенная преобразованность ландшафтов, V _{ан}
Промышленная зона, дороги, аэропорт	5	122,92	3,24	16,2
Селитьба, геологические изыскания, вырубки	4	7,35	0,19	0,76
Охотничий и рыболовный промыслы, лесозаготовка, сейсмопрофили	2	2812,76	74,2	148,4
Особо охраняемая природоохранная территория	1	848,01	22,37	22,37
Общая площадь территории		3791,04		

Количественная оценка степени антропогенной преобразованности (АП) ландшафтов проведена при помощи метода средневзвешенного балла [5; 6], через отношение суммарного количества измененных антропогенным воздействием земель с присвоенными баллами к общей площади территории по формуле

$$\bar{k}_i = \frac{\sum_{j=1}^n k_{ij} S_{ij}}{S_i},$$

где \bar{k}_i – средневзвешенный коэффициент антропогенной преобразованности земель; k_{ij} – коэффициент АП земель в пределах j-й, соответствующей виду использования, части i-го ландшафтного контура; n – количество видов использования земель; S_{ij} – доля j-части от площади i-го ландшафтного контура; S_i – общая площадь i-го ландшафтного контура [6].

В табл. 4 даны сведения о территориальном распределении видов использования земель. Данные по площадям видов землеиспользования территории получены методом ГИС-технологий и оценки материалов дистанционного зондирования.

Результаты показали, что наибольшее значение антропогенного нарушения имеют лесные земли, нарушенные геологическими изысканиями, лесозаготовкой с заложением сейсмопрофилей, вырубками, охотничьим и рыболовным промыслами, которые, несмотря на невысокую антропогенную нагрузку (2 балла), охватывают более 70%

от площади всей территории исследования. Земли промышленности с наибольшим баллом антропогенной нарушенности и площадью, занимающей немногим более 3% от общей площади, имеют низкое значение показателя антропогенного нарушения. Наименьшим показателем обладают земли населенных пунктов, геологоразведочных работ и вырубок. Таким образом, степень антропогенной преобразованности ландшафтов бассейна р. Пеледуй является невысокой.

Заключение

Оценка степени устойчивости ландшафтов бассейна р. Пеледуй в зоне воздействия нефтегазодобывающего комплекса показала, что исследуемые ландшафты обладают средней степенью устойчивости. Наибольшей устойчивостью характеризуются элювиальные среднетаежные ландшафты междуречных и приводораздельных участков; меньшей – пологосклонные лесные и редколесные ландшафты делювиально-солифлюкционные; мелкодолинные ландшафты малых рек и ручьев оценены как наименее устойчивые к антропогенному воздействию.

Оценка антропогенной преобразованности различных видов землепользования изучаемой территории показала, что степень антропогенного преобразования ландшафтов бассейна р. Пеледуй является невысокой, что обусловлено отдаленностью территории, суровостью климата, низкой плотностью населения, а также тем, что воздействие нефтегазового комплекса на природную среду носит очаговый характер.

Список литературы

1. Рудых И.В. Углеродородный потенциал республики Саха (Якутия) // Успехи современного естествознания. 2022. № 10. С. 81–87. DOI: 10.17513/use.37912.
2. Никифорова В.В. Ресурсный потенциал нефтегазового комплекса Республики Саха (Якутия) и перспективы его развития // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Экономика. Социология. Культурология. 2023. № 4. С. 8–17. DOI: 10.25587/2587-8778-2023-4-8-17.
3. Слепцова М.И., Ситников В.С., Севостьянова Р.Ф. Прогнозные ресурсы углеводородов и их освоение на северных территориях Якутии // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2018. Т. 13. № 4. С. 9. DOI: 10.17353/2070-5379/44_2018.
4. Сочава В.Б. Проблемы физической географии и геоботаники. Избранные труды. Новосибирск: Наука, 1986. 344 с. EDN: RZIXFV.
5. Кочуров Б.И., Марунич Н.А., Хазиахметова Ю.А., Краснов Е.В. Экологически сбалансированная структура земель и энергоэффективность ведения лесного хозяйства в Приднестровье // География и природные ресурсы. 2017. № 4. С. 197–202. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-4(197-202).
6. Платонова С.Г., Стрельникова Т.О., Скрипко В.В., Адам А.А., Цимбалей Ю.М. Геоэкологическая оценка районов угледобычи на примере Новокузнецкого района Кемеровской области // География и природные ресурсы. 2019. № 1. С. 156–16. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(156-167).
7. Шполянская Н.А., Зотова Л.И. Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1994. № 1. С. 56–65. URL: <https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/issue/archive> (дата обращения: 10.06.2025).
8. 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: WKPI7Z.
9. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1 : 1 500 000 / Шепелев В.В., Григорьев М.Н., Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Варламов С.П.; гл. ред. М.Н. Железняк. 2018. 2 л. [Электронный ресурс]. URL: <https://mpi.ysn.ru/images/mlk20182.pdf> (дата обращения: 10.06.2025).
10. Чикидов И.И. Характеристика лесного покрова западной части Ленского района Республики Саха (Якутия) // Наука и образование. 2016. № 3 С. 101–107. EDN: WYNFZP.
11. 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. Мерзлотно-ландшафты Якутии: Пояснительная записка к «Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР». 1989. 170 с. EDN: RVILMP.
12. Николаева Н.А., Пинигин Д.Д. К вопросу об устойчивости природных комплексов зоны освоения Эльгинского каменноугольного месторождения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2–2. С. 457–461. EDN: WZTWKV.
13. Калинин С.В. Оценка устойчивости мерзлотно-ландшафтов Восточной Сибири (на примере Якутии) // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2024. № 3 (35). С. 51–59. DOI: 10.25587/2587-8751-2024-3-51-59.
14. 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.
15. Николаева Н.А., Пинигин Д.Д. Оценка устойчивости ландшафтов территории освоения Эльгинского каменноугольного месторождения // География и природные ресурсы. 2019. № 1. С. 45–51. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(45-51).
16. Широкова В.А., Мулин М.О. Оценка антропогенной нагрузки на земельный фонд водосборной территории реки Цимла на основе расчета эколого-хозяйственного баланса ее территории // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 65. № 2 (386). С. 152–156. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_2_152.
17. Помазкова Н.В., Фалейчик Л.М. Оценка эколого-хозяйственного баланса территории Забайкальского края // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 2. С. 5–15. EDN: XQVZPN.