

СТАТЬИ

УДК 911.9:502

DOI 10.17513/use.38118

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ
УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНО-ЯКУТСКОГО
УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИИ)****Николаева Н.А.**

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

Республика Саха (Якутия) относится к зоне Севера, богатой природными ресурсами. Отличительными от других территорий особенностями являются крайне суровые климатические условия, неблагоприятные как для проживания населения, так и для ускоренного развития промышленности, строительства, транспорта, сельского хозяйства. Современные экономические условия диктуют необходимость интенсификации освоения топливно-энергетических ресурсов, а также их экспорта, что приводит к обострению экологических проблем, в том числе к загрязнению окружающей среды. Наиболее значительный вклад в этот процесс вносит топливно-энергетический комплекс, что обуславливает актуальность проведения исследований по минимизации последствий нарушения экологического баланса территорий промышленного освоения. Регион характеризуется особыми условиями экологически рискованного природопользования, среди которых первостепенное значение имеют низкие устойчивость ландшафтов и их восстановительная способность. В статье дана оценка степени устойчивости к техногенному воздействию ландшафтов Сыллахского и Верхне-Талуминского месторождений, расположенных в Южной Якутии на территории Южно-Якутского угольного бассейна. Степень устойчивости произведена сочетанием методов ранжирования и балльной оценки на картографической основе. Полученная оценка устойчивости ландшафтов Сыллахского месторождения позволила отнести их к ландшафтам с различными степенями устойчивости, от относительно устойчивых и среднеустойчивых к относительно неустойчивым, в зависимости от сочетания основных факторов формирования ландшафтов – мерзлотных и биоклиматических показателей. Оценка устойчивости ландшафтов Верхне-Талуминского месторождения позволила определить их как относительно неустойчивые, несмотря на то, что по биоклиматическим показателям ландшафты оценены как более устойчивые. По совокупности же мерзлотных показателей, обуславливающих их неустойчивость, данные природные комплексы отнесены к относительно неустойчивым.

Ключевые слова: Южная Якутия, угольное месторождение, ландшафт, оценка, устойчивость

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWRS-2021-0014) программы по приоритетному направлению Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.).

**ASSESSMENT OF THE STABILITY OF COAL LANDSCAPE IN THE SOUTH
YAKUT COAL BASIN OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)****Nikolaeva N.A.**

Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center “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. Lariyonov, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru

The Republic Sakha (Yakutia) belongs to the zone of the North, rich in natural resources. Distinctive features from other territories are extremely severe climatic conditions, unfavorable both for the population and for the intensive development of industry, construction, transport, and agriculture. Current economic conditions dictate the need to intensify the development of fuel and energy resources, as well as their export, which leads to exacerbation of environmental problems, including environmental pollution. The most significant contribution to this process is made by the fuel and energy complex, which makes it urgent to conduct research to minimize the consequences of disrupting the ecological balance of industrial development areas. The region is characterized by special conditions of environmentally risky nature management, among which the low stability of natural complexes and the ability to restore are of paramount importance. An assessment is made of the degree of resistance to technogenic impact of landscapes the territory of the Syllakh and Verkhne-Taluminsky deposits located on the territory of the South Yakut coal basin. The assessment was made by a combination of ranking methods and direct assessment on a cartographic basis. The resulting assessment of the stability of the landscapes of the Syllakh field made it possible to classify them as landscapes with different degrees of stability, from relatively stable and moderately stable to relatively unstable, depending on the combination of the main factors of landscape formation – permafrost and bioclimatic indicators. An assessment of the stability of the landscapes of the Verkhne-Taluminskoye field made it possible to determine them as relatively unstable, despite the fact that according to bioclimatic indicators the landscapes are assessed as more stable. Based on the totality of permafrost indicators that determine their instability, these natural complexes are classified as relatively unstable.

Keyword: South Yakutia, coal deposit, landscape, assessment, stability

The work was carried out within the framework of a state assignment project (No. FWRS-2021-0014) of the program in the priority area of the Program for Basic Scientific Research in the Russian Federation for the long-term period (2021–2030).

В целях решения проблем энергетической и экономической безопасности России одним из стратегических государственных направлений является интенсификация освоения богатейших топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов северо-востока страны, в том числе территории Республики Саха (Якутия).

Ведущую роль в экономике региона играет Южная Якутия, где расположен Южно-Якутский каменноугольный бассейн с уникальными ресурсами высококачественных коксующихся и энергетических углей, геологические запасы которых оцениваются в 7,36 млрд т, которые имеют региональное, межрегиональное и международное значение [1].

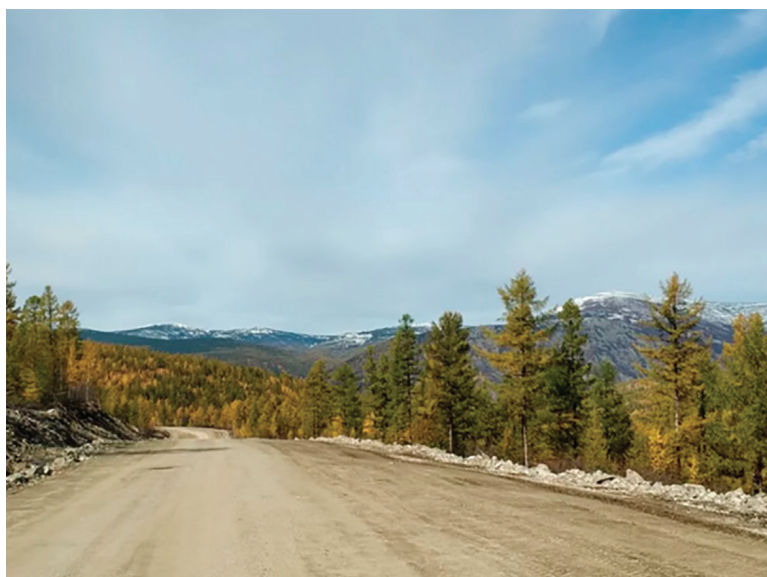
По состоянию на конец 2022 г. в Южной Якутии действуют крупные угольные предприятия таких компаний, как АО ХК «Якутуголь», ООО УК «Колмар, ООО УК «ЭЛСИ», ООО «Эрчим-Тхан» [2, 3]. Здесь действуют угольные разрезы и шахты месторождений Нерюнгринское, Эльгинское, Чульмаканское (Денисовская и Инаглинская шахты), Верхне-Талуминское, Кабактинское. В прошлом году был запущен перспективный разрез Сыллахский, где можно добыть 6,5 млн т угля в год [4].

Объекты угледобывающей промышленности являются основными источниками антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды, в особенности на атмосферу. Это вызывает различные экологические проблемы, для решения которых необходимо проведение экологических

оценок состояния природной среды. Среди них существенное значение имеет оценка природной устойчивости ландшафтов к антропогенному воздействию.

Сыллахское угольное месторождение, крупнейшее по запасам после Эльгинского месторождения, расположено в Нерюнгринском и Олекминском районах Якутии, в 180 км западнее г. Нерюнгри (рисунок). Под Сыллахским месторождением понимается угленосная площадь в западной части Усмунского угленосного района, ограниченная с севера долиной правого притока р. Нырныкта и далее до излучины и ее левого притока – ручья Мошарик, и относится к бассейну среднего течения р. Тунгурча, являющейся правым притоком р. Олекма. Река Сыллах является самым крупным притоком р. Тургунча [5].

Верхне-Талуминское месторождение расположено на территории Нерюнгринского района Республики Саха (Якутия) в 36 км к северо-востоку от административного центра – г. Нерюнгри. Месторождение позволит в ближайшие 10 лет открытыми горными работами добывать уголь в количестве 4 млн т ежегодно [6]. Территория района в металлогеническом отношении находится в пределах Алдано-Чульманского угленосного района, расположенного в центральной части Южно-Якутского каменноугольного бассейна. Расположено месторождение в пределах Чульманского плато и водораздельных пространств р. Чульмакана, Верхней Талумы, Дурая и их притоков.



Дорога на Сыллахское угольное месторождение [7]

Для минимизации экологических последствий на природную среду территории промышленного освоения в Южной Якутии существенную роль играет оценка степени устойчивости ландшафтов к техногенной нагрузке.

Цель исследования – оценка степени устойчивости ландшафтов территорий Сыллахского и Верхне-Талуминского угольных месторождений в условиях интенсивного промышленного воздействия.

Материалы и методы исследования

Для оценки устойчивости ландшафтов перспективных угольных месторождений Южной Якутии использованы методики оценки устойчивости ландшафтов в области криолитозоны [8, 9], критерием устойчивости в которых явились мерзлотные и биоклиматические факторы формирования северных ландшафтов, а также применение мерзлотно-ландшафтной карты Республики Саха (Якутия) [10].

Природные условия территории исследования

Климат района резко континентальный с коротким жарким летом и продолжительной холодной зимой. Самые низкие температуры до -57°C отмечаются в декабре – январе, наиболее высокие до $+33^{\circ}\text{C}$ установлены в июне – июле, количество осадков – 523,8 мм. Основная часть осадков выпадает в виде дождя. Снежный покров появляется в конце сентября, разрушается во второй половине апреля – первой половине мая [11]. Гидрографическая сеть близлежащих водотоков принадлежит к бассейну р. Сыллах. Питание рек смешанное с преобладанием снегового. Гидрографы характеризуются высоким весенним половодьем, летней и зимней меженью и осенним паводком. В весеннее половодье проходит в среднем 60% годового стока. Мелкие водотоки характеризуются неразработанными узкими долинами, образуют круто врезанные распадки с углами склонов от $5-10^{\circ}$ до $30-40^{\circ}$ [11]. В геологическом строении южной части Сыллахского месторождения принимают участие породы архейского комплекса, юрские угленосные отложения и четвертичные образования. Четвертичные образования повсеместно перекрывают юрские угленосные отложения. В составе их выделяются делювиальные, элювиальные, коллювиальные, аллювиальные и озерно-болотные отложения. В геоморфоло-

гическом отношении участок расположен на Алданском нагорье. Рельеф района работ довольно однообразен и характеризуется наличием широких плоских водоразделов, расчлененных узкими долинами водотоков. Абсолютные отметки водоразделов колеблются от 750 до 890 м на Сыллахском участке и от 775 до 897 м на Тунгурчинском [11].

Ландшафты месторождения относятся к физико-географической стране Горы Южной Сибири, группе Чульманской плоскогорной ландшафтной провинции. В структуру ландшафтов Сыллахского месторождения входят следующие ландшафтные районы, названия и обозначения которых соответствуют [10, 12]: 29а – горноредколесные горносклоновые делювиально-солифлюкционные лиственничные леса и редколесья, часто с примесью сосны, кустарничково-лишайниковые и моховые на сплошных мерзлых породах, горных подзолистых, таежных типичных и заболоченных, реже дерново-карбонатных и перегнойно-карбонатных; 29б – горноредколесные горносклоновые делювиально-коллювиальные лиственничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на сплошных мерзлых породах, подбурах таежных, горных подзолистых дерново-карбонатных, сильнощебнистых, смытых почвах; 30 – горноредколесные горносклоновые делювиально-солифлюкционные лиственничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на прерывистых и островных породах на горных подзолистых, дерново-карбонатных, щебнистых смытых почвах; 32 – горнотаежные горносклоновые, делювиально-солифлюкционные, сосново-лиственничные редколесья и редины кустарничково-лишайниковые и моховые на подзолистых смытых щебнистых почвах, на прерывистых и островных мерзлых породах; 34 – интразональные горные с комплексом горноредколесной среднетеррасовой долинной растительности на сплошных породах; 35 – интразональные с комплексом горноредколесной низкотеррасовой долинной растительности на прерывистых и островных породах.

Верхне-Талуминское месторождение представлено ландшафтным комплексом горнотаежных горносклоновых делювиально-коллювиальных сосново-лиственничных редколесий кустарничково-лишайниковых и моховых на смытых подзолистых почвах, расположенных на прерывистых и островных мерзлых породах [12].

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Устойчивость системы – это ее свойство сохранять основные параметры в пределах допустимых значений под влиянием внешних и внутренних воздействий. Характер изменений и устойчивости ландшафтов зависит от их свойств, вида и степени антропогенного воздействия, расположения в географической среде [13]. Устойчивость мерзлотных ландшафтов основывается на соотношении основных ландшафтообразующих факторов: климатических (солнечной радиации, температуры воздуха, количества осадков и пр.), биотических (характера растительности, биологической продуктивности, количества фитомассы и пр.) и литогенных (наличия и распространения многолетнемерзлых пород, льдистости грунтов, мощности протаивания и промерзания и пр.) [14, с. 80]. Из этих факторов преобладающее значение для мерзлотных ландшафтов имеет литогенный (мерзлотный), как наиболее характерный для Якутии, когда изменение, стабилизация и деградация ландшафтов обусловлены состоянием мерзлых пород. Кро-

ме того, при оценке устойчивости ландшафтов должно учитываться соотношение двух значимых показателей – тепло- и влагообеспеченности, распределение которых зависит от широтной зональности и высотной поясности. В свою очередь, соотношение показателей тепла и влаги определяет биологическую продуктивность ландшафта.

В соответствии с этим устойчивость ландшафтов Сыллахского месторождения была оценена по количественным показателям мерзлотных и биоклиматических условий, характерных для каждого из шести ландшафтных районов. Характеристики мерзлотных условий получены исходя из работ [10, 12], биоклиматических – на основе [9], табл. 1.

В табл. 2 дано распределение биоклиматических и мерзлотных факторов по степени влияния на снижение устойчивости ландшафта по значениям присвоенных экспертных оценочных баллов: 1 балл (не влияет) присваивался наиболее устойчивому ландшафту; 2 балла (слабо влияет) – относительно устойчивому ландшафту; 3 балла (заметно влияет) относительно неустойчивому; 4 балла (нарушает) – неустойчивому (табл. 2).

Таблица 1

Биоклиматические и мерзлотные факторы формирования ландшафтов территории Сыллахского месторождения

Обозначения ландшафтов	Продуктивность, ц/га	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспеченность, град	Индекс сухости, ккал. см ² /год	Мощность (сгс/смс), м	Температура мерзлых пород, °С	Объемная льдистость пород, доли ед.	Характер распротр. мерзлых пород
29а	среднепродуктивные, 40–60	720–1000	умеренно-холодные, 560–1100	влажные, 0,5–1,0	1,0–2,0	-2...-4	до 0,2... 0,2–0,4	сплошной
29б	среднепродуктивные, 40–60	720–1000	умеренно-холодные, 560–1100	влажные, 0,5–1,0	1,5–2,5	-2...-6	до 0,2... 0,2–0,4	сплошной
30	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1000	умеренно-холодные, 800–1100	влажные, 0,5–1,5	2,0–3,0	1...-2	0,2–0,4 (0,6)	прерывист. и островной
32	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	умеренно влажные, 1,0–1,5	2,0–3,0	0...0,5	0,2–0,4 (0,6)	прерывист. и островной
34	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	влажные, 0,5–1,0	0,6–1,2	-2...-5	0,2–0,4	сплошной
35	повышенно продуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	влажные, 0,5–1,0	2,0–3,0	0,2-0,4	0,2–0,4	прерывист. и островной

Таблица 2

Оценка влияния природных факторов на снижение устойчивости ландшафтов

Природные факторы	Оценка устойчивости в баллах			
	1 балл (устойчивые)	2 балла (относительно устойчивые)	3 балла (относительно неустойчивые)	4 балла (неустойчивые)
Продуктивность, ц/га	повышенно продуктивные, 60–80	среднепродуктив- ные, 40–60	низкопродук- тивные, 20–40	минимально продуктивные, менее 20
Запасы фитомассы, ц/га	1200–1600	1000–1200	700–1000	менее 800
Теплообеспеченность, град.	теплые, более 1600	умеренно теплые, 1200– 1400; 1400–1600	умеренно холодные, 500–1000, 1000–1200	холодные, менее 700
Индекс сухости, ккал. см ² /год	влажные, 0,5–1,5	умеренно влажные 1,0–1,5	недостаточно влажные 1,5–2,5	избыточно влажные 0,2–0,8
Мощность стс/смс, м	более 2,0	1,4–2,0	0,8–1,4	0,2–0,8
Температура пород, град	– 5 и ниже	–5...–2	–2 – –1	–1–+1
Объемная льдистость пород, отн. ед.	0,1–0,2	0,2–0,4	0,4–0,6	0,6 и более
Характер распространения мерзлоты	сплошной	слабопрерывистый	прерывистый	прерывистый и островной

Таблица 3

Оценка степени устойчивости ландшафтов Сыллахского месторождения

Ландшафт	Продуктивность, ц/га	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспе- ченность, град.	Индекс сухости, ккал. см ² /год	Мощность стс/смс м	Температура пород, град.	Объемная льдистость пород, %	Характер распространения мерзлоты	Сумма баллов
29а	2	3	3	1	2	2	1	1	15
29б	2	3	3	1	1	1	1	1	13
30	1	2	2	1	1	4	2	4	17
32	1	1	2	2	1	4	2	4	17
34	1	1	2	1	3	2	2	1	13
35	1	1	2	1	1	3	2	4	15

При этом принята следующая шкала ранжирования: устойчивые – 13 и менее баллов; среднеустойчивые 14–16 баллов; относительно неустойчивые – 17 и более баллов. Оценка устойчивости каждой ландшафтной провинции территории Сыллахского месторождения по дается по сумме баллов (табл. 3).

Основной тип ландшафтов Верхне-Талуминского месторождения – горнотаежные горносклоновые делювиально-солифлюкционные сосново-лиственничные редколе-

ся и редины кустарничково-лишайниковые и моховые на слабопрерывистых мерзлых породах. Они обладают повышенной продуктивностью (60–80 ц/га), запасы фитомассы составляют около 1600 ц/га, являются умеренно теплыми (1200–1400 ккал м²/год) и умеренно влажными (1,0–1,5 град.) [10, 12]. Мерзлотные условия: объемная льдистость составляет 0,2–0,4 отн. ед.; температура пород 0–0,5°С; мощность сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев 2,0–3,0 м. Оценка их устойчивости показала, что суммарное ко-

личество баллов – 17, что позволяет определить, что ландшафты Верхне-Талуминского месторождения неустойчивы.

Заключение

Оценка степени устойчивости ландшафтов территории Сыллахского месторождения позволила отнести их к различным степеням устойчивости, от устойчивых и среднеустойчивых к неустойчивым, в зависимости от сочетания основных ландшафтообразующих факторов исследуемого региона – мерзлотных и биоклиматических показателей в каждом ландшафте. Так, устойчивыми определены горные комплексы с горноредколесной среднетеррасовой и низкотеррасовой долинной растительностью на сплошных и прерывисто-островных породах. Горноредколесные делювиально-солифлюкционные листовенничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на прерывистых и островных породах оценены как среднеустойчивые ландшафты. Относительно неустойчивыми явились горноредколесные делювиально-солифлюкционные и коллювиальные листовенничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на сплошных мерзлых породах и горнотаежные делювиально-солифлюкционные сосново-лиственничные редколесья на прерывистых и островных мерзлых породах.

Оценка устойчивости ландшафтов Верхне-Талуминского месторождения позволила отнести их к относительно неустойчивым к антропогенному воздействию, несмотря на то, что по биоклиматическим показателям ландшафты оценены как устойчивые и среднеустойчивые. Но по совокупности мерзлотных показателей данные природные комплексы отнесены к относительно неустойчивым.

Оценка устойчивости ландшафтов угольных месторождений Южно-Якутского бассейна является важнейшим критерием оценки территории для возможности ее

промышленного освоения и может иметь практическое значение для составления экологического регламента территории и обоснования мероприятий по снижению негативных последствий на природную среду.

Список литературы

1. Южная Якутия: Ресурсный потенциал социально-экономических комплексов / Под ред. П.В. Гуляева. Уфа: Аэтерна, 2019. 243 с.
2. Официальный сайт ООО «УК «ЭЛСИ». [Электронный ресурс]. URL: <https://elsi-group.ru/company> (дата обращения: 21.09.2023).
3. Официальный сайт УК «Колмар». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kolmar.ru/company/strategy/> (дата обращения: 21.09.2023).
4. К 2030 г. в Якутии будут добывать 80 млн тонн угля в год. [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/ZIxmBF-0G8I78XHEj> (дата обращения: 24.09.2023).
5. Сыллахское каменноугольное месторождение. [Электронный ресурс]. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=2f5e2370b07304ef3b5b8e49146f7f3 (дата обращения: 24.09.2023).
6. Верхне-Талуминское месторождение. Восточный участок участка №2. Уголь каменный [Электронный ресурс]. URL: https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=9ca8e2d2ab6e71575d82c482dcabe203 (дата обращения: 24.09.2023).
7. Официальный сайт ООО «АнтрацитИнвестПроект». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aipcoal.ru> (дата обращения: 18.10.2023).
8. Шполянская Н.А., Зотова Л.И. Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири // Вестник МГУ. 1994. Сер. 5. № 1. С. 56–65.
9. Букс И.И., Байбородин В.Н., Тимирбаева Л.С. Корреляционная эколого-фитоценоотическая карта. Масштаб 1:7500000 // Сер. Карты природы, населения и хозяйства Азиатской России. М., 1977. 1 л.
10. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1500000 / Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др.; гл. ред. М.Н. Железняк. Якутск, 2018. 2 л.
11. Материалы оценки воздействия на окружающую среду 364.01-ОВОС [Электронный ресурс]. URL: [http://www.neruadmin.ru/upload/2021/364.01-%D0%9E%D0%92%D0%9E%D0%A1%20\(3\)_small.pdf](http://www.neruadmin.ru/upload/2021/364.01-%D0%9E%D0%92%D0%9E%D0%A1%20(3)_small.pdf) (дата обращения: 06.10.2023).
12. Федоров А.Н., Ботулу Т.А., Варламов С.П. и др. Мерзлотные ландшафты Якутии: Пояснительная записка к «Мерзлотно-ландшафтной карте Якутской АССР». Новосибирск: ГУГК, 1989. 70 с.
13. Абалаков А.Д., Лопаткин Д.А. Устойчивость ландшафтов и ее картографирование // Известия Иркутского государственного университета. 2014. Т. 8. С. 2–14.
14. Бурцева Е.И. Геоэкологические аспекты развития Якутии. Новосибирск: Наука, 2006. 270 с.