

УДК 91:502.7

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ НЕРЮНГРИНСКОГО ПРОМУЗЛА В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Николаева Н.А.

*ФГБУН Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова  
Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru*

Наиболее динамично развивающимся регионом Республики Саха (Якутия) является Южная Якутия с ее громадными топливно-энергетическими ресурсами и экспортным потенциалом, направленным на страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Это предопределяет дальнейшее развитие и формирование на этой территории экспортно ориентированного угольного кластера. Одним из его ключевых объектов является Нерюнгринский промузел, в состав которого входят угольный разрез, обогатительная фабрика и ГРЭС-ТЭЦ. В то же время освоение топливных ресурсов региона усиливает негативное воздействие на природную среду Южной Якутии и требует решения многих аспектов экологических проблем с целью разработки и выполнения адекватных природоохранных мероприятий. Таким аспектом является оценка устойчивости ландшафтов промузла с прерывистым и островным распространением мерзлых пород, характеризующихся слабой устойчивостью к механическим антропогенным нагрузкам под техногенным воздействием промышленного освоения. Оценка устойчивости ландшафтов зоны воздействия Нерюнгринского промузла получена путем ранжирования основных ландшафтообразующих факторов природной среды в соответствии со значением присвоенных им эмпирических оценочных баллов, а также анализа их сочетания. Показано, что от сочетания мерзлотных и биоклиматических характеристик зависит устойчивость исследуемых ландшафтов. Определено, что в зоне воздействия Нерюнгринского промузла наибольшей устойчивостью характеризуются горноредколесные типы местностей, расположенные на сплошных мерзлых породах: приводораздельные элювиальные кустарничково-лишайниково-моховые и долинные среднетеррасовые. Относительно устойчивыми определены расположенные на сплошных мерзлых грунтах горноредколесные подгольцовые заросли; горноклоновые лиственничные редколесья на сплошных мерзлых породах; приводораздельные редколесья на прерывистых мерзлых породах, а также горно-таежные горноклоновые делювиально-коллювиальные сосново-лиственничные редколесья. Относительной неустойчивостью характеризуются горноредколесные склоновые лиственничники делювиально-солифлюкционные и моренные, а также долинные низкотеррасовые комплексы на прерывистых и островных многолетнемерзлых породах. Самыми неустойчивыми являются горно-таежные мари с лиственничными рединами на сплошных мерзлых грунтах.

**Ключевые слова:** Южная Якутия, угледобывающий промузел, ландшафты, устойчивость, мерзлотные и биоклиматические условия

## ASSESSMENT OF THE DEGREE OF STABILITY OF LANDSCAPES OF THE NERYUNGRI INDUSTRIAL HUB IN SOUTH YAKUTIA

Nikolaeva N.A.

*Institute of Physical and Technical Problems of the North of the Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences Russia, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru*

The most dynamically developing region of the Republic of Sakha (Yakutia) is South Yakutia with its huge fuel and energy resources and export potential. This predetermines the further development and formation of an export-oriented coal cluster in this territory. One of its key facilities is the Neryungri Industrial Center, which includes a coal mine, a processing plant and a state district power plant. At the same time, the development of fuel resources in the region increases the negative impact on the natural environment of South Yakutia and requires the solution of many aspects of environmental problems in order to develop and implement adequate environmental measures. Such an aspect is the assessment of the stability of landscapes with discontinuous and insular distribution of frozen rocks, which are characterized by low resistance to mechanical anthropogenic loads under the technogenic impact of industrial development. An assessment of the sustainability of landscapes in the impact zone of the Neryungri industrial hub was obtained by ranking the main landscape-forming factors of the natural environment in accordance with the value of the empirical evaluation points assigned to them, as well as analyzing their combination. It is shown that the stability of the studied landscapes depends on the combination of permafrost and bioclimatic characteristics. It has been determined that in the zone of influence of the Neryungri industrial hub, the most stable are the mountain-sparse types of terrain located on continuous frozen rocks: water-separated eluvial shrub-lichen-moss and valley middle terrace. The mountain sparse under-alpine thickets of Siberian dwarf pine located on continuous frozen soils are determined to be relatively stable; mountain-slope colluvial larch woodlands on continuous frozen rocks; drive-dividing eluvial mountain woodlands on discontinuous frozen rocks, as well as mountain-taiga mountain-slope deluvial-colluvial pine-larch woodlands. Relative instability is characteristic of mountain-sparse sloping larch forests of deluvial-solifluction and moraine, as well as valley low-terrace complexes on discontinuous and insular permafrost rocks. The most unstable are the mountain-taiga mari with larch sparse patches on solid frozen ground.

**Keywords:** South Yakutia, coal-mining industrial site, landscapes, sustainability, permafrost and bioclimatic conditions

Энергетической стратегией Республики Саха (Якутия) на период до 2032 г. с целевым видением до 2050 г. [1] предусмотрено дальнейшее строительство и эксплуатация экспортно ориентированных объектов топливно-энергетического комплекса в Южной Якутии – угледобывающих комплексов, месторождений углеводородов и их транспортировка, а в перспективе – строительство гидроэлектростанций на крупных реках.

Угледобывающая промышленность занимает третье место в структуре объемов производства после алмазодобывающей и нефтедобывающей отраслей в экономике Республики Саха (Якутия) [2]. Нерюнгринское каменноугольное месторождение, отрабатываемое в настоящее время разрезом «Нерюнгринский», находится в Алдано-Чульманском угленосном районе Южно-Якутского угольного бассейна и своей южной частью примыкает к территории г. Нерюнгри. Одним из ключевых промышленных энергообъектов отрасли является расположенный в Южной Якутии Нерюнгринский промузел, в состав которого входят угольный разрез «Нерюнгринский» проектной мощностью 15 млн т в год, обогатительная фабрика «Нерюнгринская» производственной мощностью 9 млн т в год, Нерюнгринская ГРЭС мощностью 570 мВт ГРЭС и Чульманская ТЭЦ мощностью 73 мВт с соответствующей инфраструктурой (ЛЭП, дороги, населенные пункты). Центральное место занимает разрез «Нерюнгринский», на котором добывают высококачественные коксующиеся и энергетические угли, которые перерабатываются на обогатительной фабрике и поставляются металлургическим и коксохимическим предприятиям центральных районов России, экспортируются в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. ГРЭС и ТЭЦ обеспечивают электроэнергией центральные и южные районы Якутии [3].

В то же время освоение топливных и природных ресурсов региона усиливает негативное воздействие на природную среду Южной Якутии. Это диктует необходимость поисков решения различных природоохранных задач для минимизации негативного влияния на окружающую среду горнодобывающего производства. Оценка степени устойчивости ландшафтов в сфере воздействия Нерюнгринского промузла является одним из важных направлений в решении вопросов оптимизации взаимодействия промышленного производства и природной среды.

Цель исследования – оценка степени устойчивости ландшафтов зоны расположения Нерюнгринского промышленного узла в условиях интенсивной антропогенной нагрузки [4].

### Материалы и методы исследования

Общей методической базой решений задачи оценки устойчивости природных комплексов Нерюнгринского промузла к механическому нарушению явилась методика покомпонентной оценки влияния основных ландшафтобразующих факторов на устойчивость ландшафтов криолитозоны Западной Сибири [5]. При этом мерзлотные условия каждого ландшафта были дополнены климатическими и биотическими характеристиками. Также была использована электронная мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия) [6, 7]. В области криолитозоны степень устойчивости определяется посредством выявления относительной или потенциальной устойчивости в основном при механических нарушениях поверхности [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

Мерзлотно-ландшафтное районирование Республики Саха (Якутия) явилось основой для оценки степени устойчивости ландшафтов зоны воздействия Нерюнгринского промузла. Она расположена на территории Олекмо-Тимптонской плоскогорной, Чульманской плоскогорной, Становой среднегорной и Тимптоно-Учурской среднегорной ландшафтных провинций физико-географической страны Горы Южной Сибири, внутри которых выделено 10 типов местностей [9].

Это следующие типы местности: 28б – подгольцовые заросли кустарничково-лишайниковые на сплошных мерзлых грунтах; 29б – горноредколесные приводораздельные горные редколесья на сплошных мерзлых породах; 29в – горноредколесные горносклоновые редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на сплошных мерзлых породах; 30а – горноредколесные приводораздельные горные редколесья на прерывистых мерзлых породах; 30б – горноредколесные лиственничники склоновые на прерывистых мерзлых породах; 30г – горноредколесные горносклоновые моренные лиственничники на слабопрерывистых породах; 32б – горно-таежные горносклоновые сосново-лиственничные редколесья кустарничково-лишайниковые и моховые на подзолистых смытых щебнистых почвах, на слабопрерывистых мерз-

лых породах; 34д – интразональная горноредколесная долинная среднетеррасовая растительность на сплошных многолетнемерзлых породах; 35е – интразональная горноредколесно-горно-таежная низкотеррасовая растительность на прерывистых и островных многолетнемерзлых породах; 36ж – интразональные горно-таежные мари с лиственничными рединами на сплошных мерзлых грунтах. Их названия и обозначения соответствуют [6] и приведены в табл. 1.

С точки зрения мерзлотоведов, основным ландшафтообразующим фактором на Севере является криогенный, при котором восстановление или стабилизация природных комплексов полностью определяются свойствами многолетнемерзлых пород и их устойчивость зависит от льдисто-

сти поверхностных отложений – основной причины ранимости и уязвимости северных ландшафтов [4]. В то же время климат является не только фактором, формирующим структуру ландшафта, но и определяющим его эволюцию. Мерзлотные ландшафты неотделимы от формирования и развития криолитозоны. Основными факторами, определяющими их формирование, дифференциацию и развитие, являются тесно связанные друг с другом климатогенный, литогенный, биогенный и антропогенный факторы. Отрицательные температуры горных пород являются интегральным показателем сложного взаимодействия комплекса климатических характеристик – радиационного баланса, температуры и влажности воздуха, осадков и т.д. [10].

**Таблица 1**

**Мерзлотные и биоклиматические показатели ландшафтов зоны воздействия Нерюнгринского промузла**

Обозначения ландшафтов	Продуктивность, ц/га	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспеченность, град	Индекс сухости, ккал. см <sup>2</sup> /год	Мощность (ст/смс), м	Температура мерзлых пород, °C	Объемная льдистость пород, доли ед.	Характер распростран. мерзлых пород
28б низкопродуктивные 20–40	330–700	холодные 600–800	влажные, 0,5–1,0	2,0–3,0	-3...-8	до 0,2...0,2–0,4	до 0,2...0,2–0,4	сплошной
29б среднепродуктивные 40–60	720–1000	умеренно холодные, 560–1100	влажные, 0,5–1,0	2,0–3,0	-2...-6	до 0,2...0,2–0,4	до 0,2...0,2–0,4	сплошной
29в среднепродуктивные 40–60	720–1000	умеренно холодные, 560–1100	влажные, 0,5–1,0	1,0–2,0	-2...-4	0,2–0,4 (0,6)	0,2–0,4 (0,6)	сплошной
30а повышеннопродуктивные, 60–80	ок. 1000	умеренно холодные, 800–1100	недостат. влажные, 0,5–1,5	2,5–3,0	0,5...-2	до 0,2...0,2–0,4	до 0,2...0,2–0,4	прерывист.
30б повышеннопродуктивные, 60–80	ок. 1000	умеренно холодные, 800–1100	недостат. влажные, 0,5–1,5	2,0–3,0	1...-2	0,2–0,4 (0,6)	0,2–0,4 (0,6)	прерывист.
30г среднепродуктивные 40–60	700–1000	умеренно холодные, 800–1100	влажные, 0,5–1,0	1,5–2,5	-0,5...-1,5	0,2–0,4 (0,6)	0,2–0,4 (0,6)	слабо прерывист.
32б повышеннопродуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые 1200–1400	умеренно влажные 1,0–1,5	3,0–4,0	0,2...0,5	0,2–0,4	0,2–0,4	слабо прерывист.
34д повышеннопродуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	влажные 0,5–1,0	0,6–1,2	-2...-5	0,2–0,4	0,2–0,4	сплошной
35е повышеннопродуктивные, 60–80	ок. 1600	умеренно теплые, 1200–1400	влажные 0,5–1,0	2,0–3,0	0,5...-2		0,2–0,4	прерывист. и островной
36ж низкопродуктивные, 20–40	330–720	умеренно холодные, 800–1000	избыточно влажные менее 0,5	0,4–0,8	-0,5...-2		0,4–0,6 (0,8)	сплошной

Таким образом, устойчивость северных экосистем понимается «...как комплекс ведущих экологических факторов... которые можно объединить в три крупные группы: климатические (солнечная радиация, температура воздуха, осадки и пр.), биотические (характер растительности, биологическая продуктивность, биоразнообразие и пр.), литогенные...» [11, с. 80].

Для оценки степени устойчивости ландшафтов Нерюнгринского промузла мы исходили из ряда мерзлотных и биоклиматических характеристик каждой исследуемой ландшафтной единицы.

Были выбраны факторы, обеспечивающие восстановление криогенной составляющей ландшафтов, самоочищение и самовосстановление почвенно-растительного комплекса. Это среднемноголетняя температура мерзлых пород на подошве слоя годовых колебаний ( $0^{\circ}\text{C}$ ), льдистость поверхностных отложений (%), мощность сезонно-мерзлого и сезонно-талого слоев (м), характер распространения многолетней мерзлоты, а также биологическая продуктивность (ц/га), запасы фитомассы (ц/га), условия теплообеспеченности, выраженные

суммой среднесуточных температур выше  $100^{\circ}\text{C}$  и условия увлажнения, выраженные значениями радиационного индекса сухости (ккал. см<sup>2</sup>/год) [4], табл. 1.

Оценка устойчивости природных комплексов рассчитана методом присвоения экспертных баллов ряду рассматриваемых мерзлотных и биоклиматических показателей для каждого ландшафта и приведена в табл. 2. Количественные значения этих показателей приняты из работы [12]. При этом они распределены на четыре группы по степени влияния каждого фактора на снижение устойчивости ландшафта от 1 балла (слабо влияет) до 4 баллов (нарушает) [13]. Суммарное значение каждого ландшафта характеризует степень его устойчивости, табл. 3.

Таким образом, получена следующая суммарная оценка устойчивости исследуемых ландшафтных комплексов: устойчивые – 13–14; относительно устойчивые – 16–17; относительно неустойчивые – 19 и неустойчивые – 20 и более баллов (рисунок). На рисунке приведена карта оценки устойчивости ландшафтных комплексов Нерюнгринской промзоны.

**Таблица 2**

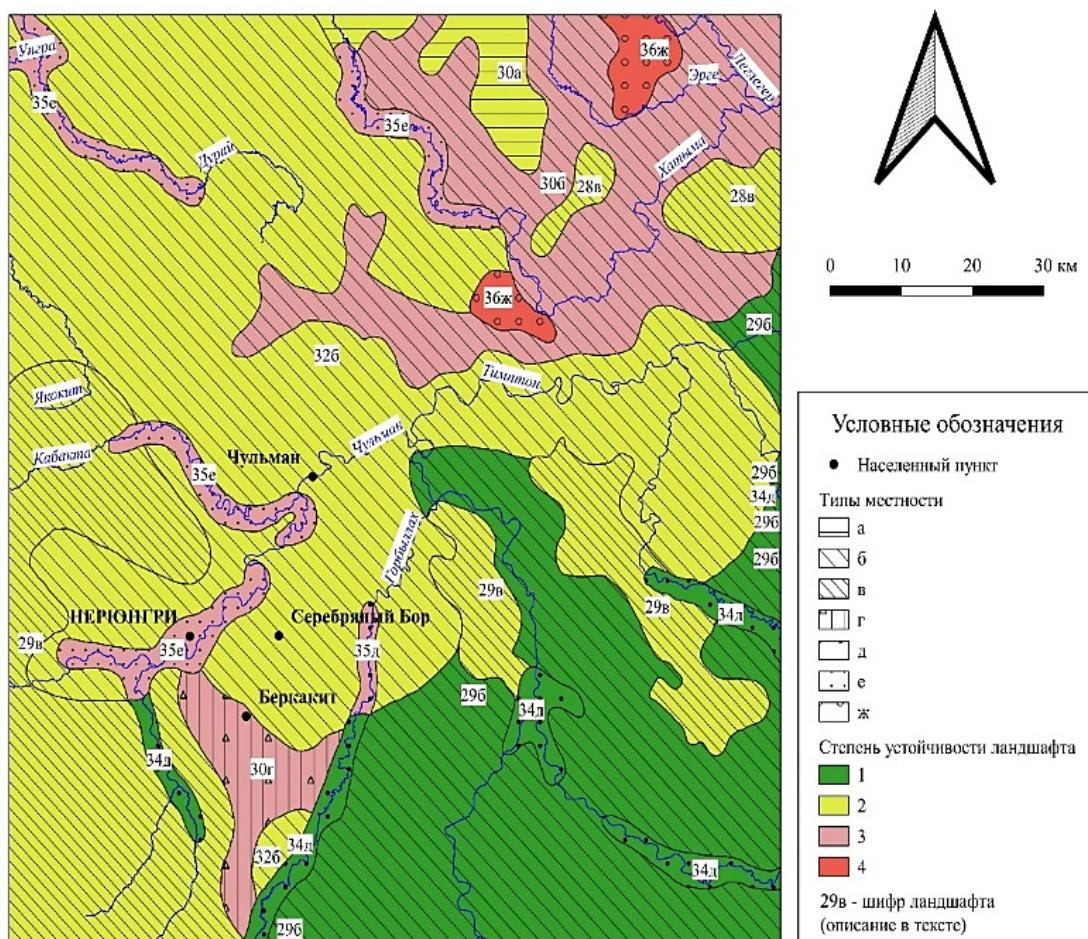
**Оценка влияния криогенных и биоклиматических условий на устойчивость природных комплексов сферы воздействия Нерюнгринского промузла**

Криогенные и биоклиматические условия	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	среднепродуктивные, 40–60	низкопродуктивные, 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 <sup>2</sup> /год	влажные 0,5–1,0, 0,5–1,5	умеренно влажные 1,0–1,5	недостаточно влажные 1,5–2,5	избыточно влажные 0,5
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  
 зоны воздействия Нерюнгринского промузла

Тип местности	Продуктивность, ц/га	Запасы фитомассы, ц/га	Теплообеспеченность, град	Индекс сухости, ккал. см <sup>2</sup> /год	Мощность стс/смс, м	Температура пород, град	Объемная льдистость пород, %	Характер распространения мерзлоты	Сумма баллов
28б	3	4	4	1	1	1	1	1	16
29б	2	3	3	1	1	1	1	1	13
29в	2	3	3	1	2	2	3	1	17
30а	1	2	3	2	1	3	1	3	16
30б	1	2	3	2	1	4	3	3	19
30г	2	3	3	1	2	3	3	2	19
32б	2	1	2	3	1	4	2	2	17
34д	2	1	2	1	3	2	2	1	14
35е	2	1	2	1	1	3	2	4	16
36ж	3	4	3	4	4	3	3	1	25



Карта оценки устойчивости ландшафтных комплексов Нерюнгринской промзоны

### Заключение

В результате проведения исследований установлено, что степень устойчивости ландшафтов зоны, прилегающей к Нерюнгринскому промузлу, обусловлена сочетанием основных региональных ландшафтообразующих факторов – мерзлотных и биоклиматических. Так, устойчивыми явились следующие горноредколесные типы местностей, расположенные на сплошных мерзлых породах: приводораздельные элювиальные кустарничково-лишайниково-мховые и долинные среднетеррасовые. Относительно устойчивыми определены расположенные на сплошных мерзлых грунтах горноредколесные подгольцовые заросли из кедрового стланика; горносклоновые коллювиальные лиственничные редколесья на сплошных мерзлых породах; приводораздельные элювиальные горные [4] редколесья на прерывистых мерзлых породах, а также горно-таежные горносклоновые делювиально-коллювиальные сосново-лиственничные редколесья. Относительной неустойчивостью характеризуются горноредколесные склоновые лиственничники делювиально-солифлюкционные и моренные и долинные низкотеррасовые комплексы на прерывистых и островных многолетнемерзлых породах. Горно-таежные мары с лиственничными рединами на сплошных мерзлых грунтах определены как неустойчивые. Оценка устойчивости ландшафтных комплексов Нерюнгринской промзоны может иметь практическое значение для обоснования региональных природоохранных мероприятий, основанных на ландшафтных методах экологических исследований промышленного освоения Севера, в недостаточно освоенных малозаселенных и труднодоступных районах области криолитозоны, что является особенно актуальным в современных геополитических и экономических условиях.

### Список литературы

1. Мониторинг реализации Энергетической стратегии РС(Я) на период до 2030 года. Цели и задачи Энергетической стратегии РС(Я) на период до 2032 года с целевым видением до 2050 года. (этап 1). Якутск, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.s-vfu.ru/universitet/tukovodstvo-i-struktura> (дата обращения: 20.06.2022).
2. За углем в Якутии дело не встанет [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yktimes.ru/новости/за-углем-в-якутии-дело-не-встанет/> (дата обращения: 14.03.2022).
3. Миронова С.И., Иванов В.В. Добыча угля в Южной Якутии и ее воздействие на растительность (на примере разреза «Нерюнгринский») [Электронный ресурс]. URL: <https://monographies.ru/en/book/section?id=17265> (дата обращения: 14.03.2022).
4. Николаева Н.А., Пинигин Д.Д. К вопросу об устойчивости природных комплексов зоны освоения Эльгинского каменистоугольного месторождения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2 (2). С. 457–461.
5. Шполинская Н.А., Зотова Л.И. Карта устойчивости ландшафтов криолитозоны Западной Сибири // Вестник МГУ. 1994. № 1. Сер. 5. География. С. 56–65.
6. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1: 1 500 000 / Федоров А.Н., Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф., Макаров В.С. и др.; гл. ред. М.Н. Железняк. 2018. 2 л.
7. Николаева Н.А. Оценка устойчивости ландшафтов бассейна Индигирки к антропогенному воздействию // Успехи современного естествознания. 2021. № 9. С. 59–64.
8. Горюхов А.Н. Оценка устойчивости мерзлотных ландшафтов Верхоянского района Республики Саха (Якутия) // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: материалы XI Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному Дню Земли и 100-летию заповедной системы России. Красноярск: Изд-во КГУ, 2016. С. 25–28.
9. Nikolaeva N.A. Modern high technologies. Assesment of stability of landscapes of ESPO-1. 2012. No. 2. P. 7–10.
10. Федоров А.Н. Эволюция и динамика мерзлотных ландшафтов Якутии: автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Иркутск, 2020. 38 с.
11. Бурцева Е.И. Геоэкологические аспекты развития Якутии. Новосибирск: Наука, 2006. 270 с.
12. 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». М.: ГУГК, 1989. 170 с.
13. Салова Т.А., Николаева Н.А. Гидробиологические и ландшафтные особенности трассы нефтепровода ВСТО в Якутии // Естественные и технические науки. 2014. № 9–10. С. 127–129.