



ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.15> EDN: NEKZSQ

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА СОСТОЯНИЕ ПОДРОСТА ЛЕСОТУНДРОВЫХ
НАСАЖДЕНИЙ ХАРЬЯГИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Научная статья

Сентемов А.А.^{1,*}, Тюкавина О.Н.²

¹ ORCID : 0000-0003-0546-7243;

² ORCID : 0000-0003-4024-6833;

^{1,2} Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Российская Федерация

² Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (a.sentemov[at]narfu.ru)

Предложена: 17.05.2026; Принята: 29.06.2026; Опубликовано: 20.07.2026

Аннотация

Факельное сжигание попутного нефтяного газа на месторождениях Арктической зоны создаёт многокомпонентную техногенную нагрузку на лесотундровые экосистемы, характеризующиеся низкой восстановительной способностью. Количественная оценка влияния факелов на естественное возобновление леса остаётся фрагментарной. В 2025 г. на факельных установках Харьгаинского месторождения заложено 24 пробные площади на различном удалении в доминирующем (основное направление ветра, частота >40%) и редком (частота <10%) направлениях. Фоноый участок расположен на расстоянии 5600 м от факелов. На каждой площади выполнены таксационные описания, учёт подроста с разделением по категориям крупности и жизнеленности, измерены приросты верхушечного и бокового побегов ели сибирской. Установлено, что в доминирующем направлении ветра в радиусе до 250 м происходит статистически значимое ухудшение всех показателей. На расстоянии 50 м общее количество подроста сокращается до 600 шт./га (11% от фона), а в структуре подроста преобладают сухие и сомнительные особи. Приросты верхушечного побега снижаются до 6,3 см (фон 8,3 см). В редком направлении ветра отрицательная динамика менее выражена. Полученные результаты обосновывают выделение зон приоритетного экологического мониторинга до 250 м и необходимость искусственного лесовосстановления на подфакельных участках.

Ключевые слова: лесотундра, факельные установки, подрост, прирост побегов, Харьгаинское месторождение, ель сибирская.

EVALUATION OF THE IMPACT OF FLARE FACILITIES ON THE CONDITION OF THE UNDERGROWTH IN
THE FOREST-TUNDRA STANDS OF THE KHARJAGINSKOYE OIL FIELD

Research article

Sentemov A.A.^{1,*}, Tyukavina O.N.²

¹ ORCID : 0000-0003-0546-7243;

² ORCID : 0000-0003-4024-6833;

^{1,2} Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation

² Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russian Federation

* Corresponding author (a.sentemov[at]narfu.ru)

Suggested: 17.05.2026; Accepted: 29.06.2026; Published: 20.07.2026

Abstract

The flaring of associated petroleum gas at fields in the Arctic zone creates a multicomponent anthropogenic load on forest-tundra ecosystems, which are characterised by low regenerative capacity. Quantitative assessments of the impact of flares on natural forest regeneration remain limited. In 2025, 24 test plots were established at the flaring facilities of the Kharjaginskoye oil field at various distances in the prevailing (dominant wind direction, frequency >40%) and infrequent (frequency <10%) wind directions. The background plot is situated 5,600 m from the flares. On each plot, stand descriptions were carried out, the undergrowth was recorded and categorised by size and vitality, and the growth of terminal and lateral shoots of Siberian spruce was measured. It was found that within a radius of up to 250 m in the prevailing wind direction, there was a statistically significant deterioration in all indicators. At a distance of 50 m, the total number of saplings falls to 600 per hectare (11% of the background level), and the undergrowth stand is dominated by dry and suspect individuals. Growth of the terminal shoot decreases to 6.3 cm (background value: 8.3 cm). In the less frequent wind direction, the negative dynamics are less pronounced. The obtained results justify the designation of priority ecological monitoring zones within a radius of up to 250 m and the need for artificial reforestation in sub-focal areas.

Keywords: forest-tundra, flare facilities, undergrowth, shoot growth, Kharjaginskoye oil field, Siberian spruce.

Введение

Освоение нефтегазовых месторождений в российской Арктике сопровождается строительством объектов инфраструктуры, среди которых факельные установки для сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ) являются одним из наиболее мощных источников атмосферных выбросов [1], [2]. В зону воздействия попадают оксиды серы и азота, сажа, сероводород, несгоревшие углеводороды, а также формируется тепловое загрязнение. Лесотундровые древостои, обладающие сомкнутостью крон 0,2–0,4 и многолетнемёрзлыми почвами, отличаются крайне медленными темпами роста и естественного возобновления. Подрост — ключевое звено лесовозобновления — наиболее чувствителен к техногенному стрессу, поскольку его корневые системы расположены в верхних слоях почвы, а ассимиляционный аппарат молодых растений ещё не сформировал защитных механизмов [3].

Большинство работ сосредоточено на таёжной зоне Западной Сибири [4], [5] или на среднетаёжных ландшафтах [6]. Для лесотундры Ненецкого автономного округа количественные данные о влиянии факелов на подрост единичны [7]. Цель работы — оценка влияния факельных установок на состояние подроста.

Методы и принципы исследования

Исследования проведены в 2023–2025 гг. на двух факельных установках Харьягинского месторождения (рис. 1). Выбрано две факельные установки: ЦПС ООО «Зарубежнефть-добыча Харьяга», объект №2 — УПСВ ООО «Лукойл-Пермь». Климат района субарктический, среднегодовая температура воздуха $-5,0^{\circ}\text{C}$, безморозный период 53 дня. Почвы — глееподзолистые и торфяно-глеевые, характерно развитие многолетнемёрзлых пород.

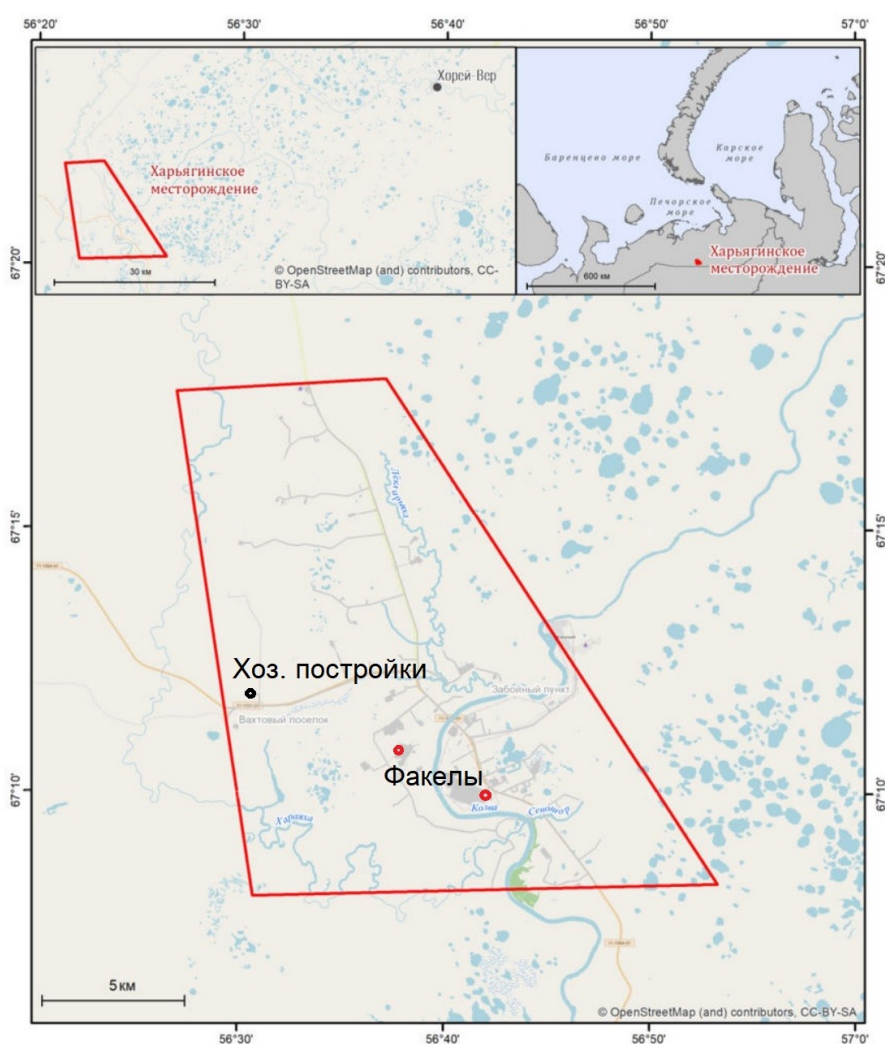


Рисунок 1 - Факельные установки на Харьягинском месторождении

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.15.1>

По многолетним данным метеостанции пос. Харьягинск построена роза ветров для вегетационного периода (май–сентябрь). Для оценки влияния факельных установок на состояние подроста выделены два направления:

- Доминирующее направление ветра (частота ветра $>40\%$);
- Подветренная сторона (частота ветра $<10\%$).

Древостой на исследованных участках представлен разреженными елово-берёзовыми редколесьями с сомкнутостью крон 0,2–0,4 (табл. 1).

Таблица 1 - Таксационная характеристика лесотундровых насаждений в зоне влияния факельных установок

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.15.2>

Факельная установка	Расстояние, м	Направление ветра	Тип леса	Состав древостоя	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Относительная полнота
Зарубежная нефть	50	Доминирующее	Ельник зеленомошно-лишайниковый	2Е8Б	4,2	8,0	Va	0,09
	150			3Е7Б	5,2	10,0	Va	0,18
	250			5Е5Б	7,0	13,5	V	0,28
	350			6Е4Б	7,9	15,8	V	0,38
	50	Подветренная сторона		4Е6Б	4,8	9,0	Va	0,15
	150			5Е5Б	6,2	11,5	Va	0,26
	250			6Е4Б	7,6	14,8	V	0,36
	350			8Е2Б	8,1	16,3	V	0,43
Лукойл-Пермь	50	Доминирующее		2Е8Б	4,1	7,8	Va	0,08
	150			3Е7Б	5,1	9,8	Va	0,17
	250			4Е6Б	6,8	13,2	V	0,27
	350			6Е4Б	7,8	15,6	V	0,37
	50	Подветренная сторона		4Е6Б	4,7	8,8	Va	0,14
	150			5Е5Б	6,0	11,2	Va	0,25
	250			7Е3Б	7,5	14,5	V	0,35
	350			8Е2Б	8,0	16,2	V	0,42
Фон (хоз. постр.)	50	-		8Е2Б	7,7	14,7	V	0,32
	150			9Е1Б	7,9	15,3	V	0,36
	250			10Е	8,1	16,2	V	0,42
	350			10Е	8,2	16,5	V	0,44

Наблюдается снижение таксационных показателей насаждений по мере приближения к факельным установкам. При этом состав лесообразующих пород смещается в сторону берёзы. Доминирование ели отмечается с расстояния более 250 м от факелов со стороны доминирующих ветров, с расстояния 150 м – с подветренной стороны. Участок с фоновыми значениями располагается на удалении более 5600 м от факелов.

Основные результаты

В ходе исследований были получены данные по распределению подроста по категориям крупности и состояния. В направлении доминирующих ветров общее количество подроста на расстоянии 50 м снижается в 9 раз по сравнению с фоном ($t = 20,6$, $t_{\text{ст}} = 2,3$, $P = 0,95$), с подветренной стороны — в 4,5 раза ($t = 17,1$, $t_{\text{ст}} = 2,3$, $P = 0,95$). До 150 м от факельной установки отмечается редкий подрост, от 250 м до 350 м — подрост средней густоты. С удалением от факелов на 250 м и далее возобновление насаждения происходит успешно (табл.2).

Таблица 2 - Распределение подроста по категориям крупности

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.15.3>

Направление ветра	Расстояние от факела, м	Категории крупности подроста			
		мелкий, тыс. шт./га	средний, тыс. шт./га	крупный, тыс. шт./га	Всего в пересчете на крупный, тыс. шт./га
Доминирующее	50	$0,20 \pm 0,045$	$0,30 \pm 0,052$	$0,10 \pm 0,031$	$0,44 \pm 0,078$
	150	$0,40 \pm 0,068$	$0,50 \pm 0,070$	$0,20 \pm 0,045$	$0,80 \pm 0,120$
	250	$0,80 \pm 0,095$	$0,80 \pm 0,088$	$0,40 \pm 0,062$	$1,44 \pm 0,145$
	350	$1,30 \pm 0,110$	$1,20 \pm 0,102$	$0,80 \pm 0,080$	$2,41 \pm 0,168$
Подветренная сторона	50	$0,50 \pm 0,072$	$0,50 \pm 0,068$	$0,20 \pm 0,042$	$0,85 \pm 0,110$
	150	$0,80 \pm 0,090$	$0,70 \pm 0,085$	$0,40 \pm 0,058$	$1,36 \pm 0,135$
	250	$1,40 \pm 0,115$	$1,10 \pm 0,105$	$0,70 \pm 0,076$	$2,28 \pm 0,170$
	350	$1,90 \pm 0,130$	$1,40 \pm 0,115$	$1,10 \pm 0,095$	$3,17 \pm 0,195$
Фон	> 5600	$2,50 \pm 0,150$	$1,60 \pm 0,120$	$1,30 \pm 0,110$	$3,83 \pm 0,220$

Обсуждение

Доля крупного подроста не велика и составляет от 16% до 25% при удалении от факельных установок. В направлении доминирующих ветров преобладает средний подрост. На расстоянии 50 м от факела представленность его составляет 50%, с удалением доля среднего подроста уменьшается и на расстоянии 250 м она составляет 37%. С подветренной стороны доминирует мелкий подрост (с 42% до 46%). Чем дальше от факельной установки, тем сильнее увеличивается различие в представленности мелкого и среднего подроста. Так, на расстоянии 150 м различие составляет 5%, 250 м — 10%, 350 м — 16%. На расстоянии 350 м от фона распределение подроста по категориям крупности аналогично фоновой территории.

Даже на расстоянии 350 м от факельной установки с подветренной стороны количество мелкого подроста меньше чем на фоновой территории на 24% ($t = 3,0$, $t_{st} = 2,3$, $P = 0,95$), в направлении доминирующих ветров — на 48% ($t = 6,5$, $t_{st} = 2,3$, $P = 0,95$), а количество среднего и крупного подроста значимо не отличается. Следовательно, наиболее чувствительным к воздействию, оказываемому факельными установками, является мелкий подрост.

На удалении 50 м от факельных установок в направлении доминирующих ветров количество благонадёжного без дефектов подроста меньше по сравнению с фоновой территорией на 97,2% ($t = 11,3$, $t_{st} = 2,3$, $P = 0,95$), с подветренной стороны — на 93,7% ($t = 10,8$, $t_{st} = 2,3$, $P = 0,95$). По мере удаления до 250 м сомнительный и неблагонадёжный подрост снижаются до фоновых значений, однако сухой встречается чаще (табл. 3). На подветренной стороне доля благонадёжного подроста без дефектов с удалением от факелов возрастает быстрее.

Таблица 3 - Распределение подроста по категориям состояния в зоне влияния факельных установок

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.15.4>

Направление ветра	Расстояние, м	Категории состояния подроста				
		Благонадёжный без дефектов, шт./га	Благонадёжный с дефектами, шт./га	Сомнительный, шт./га	Неблагонадёжный, шт./га	Сухой, шт./га
Доминирующая	50	98 ± 25	65 ± 18	56 ± 15	150 ± 38	231 ± 55
	150	563 ± 85	140 ± 30	152 ± 32	94 ± 20	151 ± 35
	250	1284 ± 120	300 ± 45	250 ± 40	130 ± 25	36 ± 12
	350	1630 ± 140	1279 ± 110	181 ± 28	189 ± 30	21 ± 10
Подветренная сторона	50	221 ± 40	351 ± 55	293 ± 45	108 ± 22	227 ± 45
	150	1165 ± 100	356 ± 50	171 ± 30	84 ± 18	124 ± 28
	250	2039 ± 150	850 ± 80	160 ± 25	130 ± 22	21 ± 12
	350	2609 ± 180	1420 ± 110	179 ± 28	173 ± 26	19 ± 10
Фон (хоз. постройки)	5600	3500 ± 300	1494 ± 130	191 ± 30	199 ± 30	16 ± 15

На расстоянии 50 м от факельных установок в направлении доминирующих ветров доля жизнеспособного подроста составляет 36,5%, на расстоянии 150 м — 77,7%, на расстоянии 250 м — 91,7%. С подветренной стороны уже на расстоянии 50 м доля жизнеспособного подроста составляет 72,1%, на расстоянии 150 м — 89,1% и на расстоянии 250 м — на уровне фоновой территории.

На расстоянии 50 м от факельных установок доля сухого подроста наибольшая в направлении доминирующих ветров — 38,5%, что на 2% больше доли жизнеспособного подроста. Уже через 100 м от факелов доля сухого подроста сокращается в 2 раза и находится на уровне доли сухого подроста с подветренной стороны на расстоянии 50 м. Следовательно, негативное воздействие факельных установок на подрост в направлении доминирующих ветров выражено сильнее по сравнению с подветренной стороны. Сила влияния факела на подрост с подветренной стороны на расстоянии 50 м практически уравнивается с расстоянием 150 м в направлении доминирующих ветров. На расстоянии 250 м от факела доля сухого подроста на уровне фоновой территории.

Полученные результаты согласуются с данными А.С. Порозовой и П.Ю. Санникова [8], по которым зона активного поражения лесных экосистем при сжигании попутного нефтяного газа распространяется на расстояние 200–250 метров от источника.

Хвойные породы более чувствительны к техногенному воздействию, по сравнению с лиственными. С удалением от факельных установок доля ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в подросте возрастает. Влияние расстояния до факельной установки на долю ели в подросте можно описать линейной функцией в направлении доминирующих ветров, полиномиальной функцией — с подветренной стороны (рис. 2).

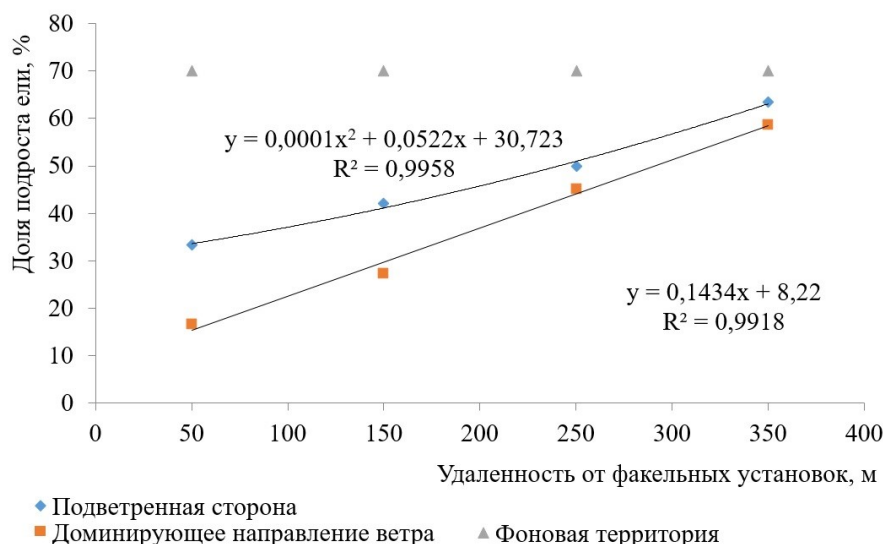


Рисунок 2 - Изменение доли ели в подросте в зависимости от удаленности от факельных установок
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.15.5>

Причиной снижения представленности ели вблизи факела может быть как его прямое влияние за счет ухудшения качества среды, так и косвенное — в результате изреживания древостоя и увеличения светового довольствия, способствующего разрастанию лиственных пород.

Это же подтверждают приросты побегов ели (табл. 4). В направлении доминирующих ветров на расстоянии 50 м приросты верхушечного и боковых побегов значительно снижаются по сравнению с фоном. Различия по верхушечному побегу составляет 13,7% ($t = 2,8$, $t_{st} = 2,1$, $P = 0,95$), по боковому — ($t = 4,4$, $t_{st} = 2,1$, $P = 0,95$). К 250 м приросты достигают фоновых значений и в ряде случаев превышают их. Верхушечный прирост подроста превышает боковой, что указывает на отсутствие угнетения материнского полога. Верхушечная почка в процессе роста угнетает развитие боковых почек, в связи с этим большие темпы развития верхушечного побега по сравнению с боковыми является показателем нормального развития подроста с отсутствием негативного воздействия на верхушечную почку. Соотношение длины верхушечного побега к боковому сокращается с удалением от факела, что обусловлено увеличением полноты древостоя. На то, что ведущим фактором в отношении приростов подроста ели является полнота древостоя, указывает отсутствие значимого различия в приростах подроста ели вблизи факела с наветренной и подветренной стороны.

Таблица 4 - Приросты верхушечного и бокового побегов ели сибирской

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.15.6>

Направление ветра	Расстояние от факела, м	Верхушечный прирост, см	Боковой прирост, см
Доминирующее	50	$6,3 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,2$
	150	$7,7 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,2$
	250	$9,1 \pm 0,3$	$5,3 \pm 0,2$
Подветренная сторона	50	$6,5 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,3$
	150	$7,1 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,2$
	250	$7,3 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,1$
Фон (хоз. постройки)	>5600	$7,3 \pm 0,2$	$5,2 \pm 0,3$

Полученные данные подтверждают, что факельные установки вызывают долговременную трансформацию естественного возобновления лесотундровых насаждений. Радиус зоны влияния с учётом таксационной характеристики, состояния подроста и приростов верхушечных и боковых побегов составляет до 250 метров в доминирующем направлении ветра. Отдельные показатели ухудшаются и на расстоянии в 350 метров. Это связано с комплексным действием загрязнителей: кислотные осадки вызывают некрозы хвои и коры, сажа ухудшает фотосинтез, а тяжёлые металлы накапливаются в почве и блокируют рост корней [9]. Особенно уязвимым оказался крупный подрост, его численность в 50-метровой зоне сокращается в 13 раз, и мелкий подрост.

Сравнение с редким направлением ветра показывает, что аэральный перенос является основным фактором повреждения. Фоновый участок, удалённый более чем на 5600 м, демонстрирует хорошее состояние подроста, что исключает влияние иных антропогенных факторов. Аналогичные закономерности описаны в работах Т.В. Новаковской и Н.П. Акулышиной для северной тайги [10], однако в лесотундре темпы восстановления значительно ниже. По



данным современных исследований, хроническое воздействие оксидов серы в концентрациях $>0,1 \text{ мг/м}^3$ вызывает необратимые изменения для хвойных лесов [11]. Появление сухого подроста указывает на значительный уровень химического и теплового воздействия факельных установок.

Заключение

Факельные установки Харьягинского месторождения вызывают статистически значимое сокращение подроста лесотундровых насаждений в радиусе до 250 м по направлению доминирующего ветра. На расстоянии 50 м общее количество подроста сокращается до 600 шт./га (11% фона), в структуре подроста преобладают сухие, сомнительные и неблагонадёжные особи, крупный подрост практически отсутствует.

С удалением от факельных установок доля ели сибирской в подросте возрастает. Влияние расстояния до факельной установки на долю ели в подросте можно описать линейной функцией в направлении доминирующих ветров, полиномиальной функцией — с подветренной стороны.

Приросты верхушечного и боковых побегов вблизи факельной установки значимо снижаются по сравнению с фоновой территорией, но снижение полноты здесь позволяет формироваться жизнеспособному подросту.

Для сохранения лесных ресурсов рекомендуется выделить зону приоритетного экологического мониторинга радиусом не менее 250 м от факелов и проводить искусственное лесовосстановление с использованием устойчивых хвойных пород.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Глебова Л.В. Экологические проблемы сжигания попутного нефтяного газа / Л.В. Глебова, Ф.А. Шарипов, Е.Ю. Вобликова и др. // Геология, география и глобальная энергия. — 2023. — № 1 (88). — С. 142–146.
2. Морозов А.Е. Зонирование подфакельных территорий на нефтяных месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа с целью их последующей рекультивации / А.Е. Морозов, В.Г. Решетников, Н.А. Луганский и др. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. — 2007. — № 180. — С. 114–125.
3. Норин Б.Н. Структура растительных сообществ восточноевропейской лесотундры / Б.Н. Норин. — Ленинград: Наука, 1979. — 200 с.
4. Крючков К.В. Влияние факелов по сжиганию попутного нефтяного газа на лесные насаждения : дис. ... канд. наук: 06.03.03 : защищена 2020-12-21 : утв. 2001-02-05 / К.В. Крючков. — 2000. — 165 с. — URL: <https://www.dissercat.com/content/vliyanie-fakelov-po-szhiganiyu-poputnogo-gaza-na-lesnye-nasazhdeniya> (дата обращения: 11.05.26).
5. Кокорина Н.В. Применение дендрохроноиндикационных методов в оценке воздействия сжигания попутного нефтяного газа на хвойные породы в условиях средней тайги Западной Сибири / Н.В. Кокорина, П.Б. Татаринцев, А.М. Касаткин // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. — 2019. — № 29 (2). — С. 191–198.
6. Хамедов В.А. Оценка вероятного газохимического загрязнения перспективных лесных особо охраняемых природных территорий выбросами при сжигании попутного нефтяного газа / В.А. Хамедов, Н.В. Давыдова // Вопросы лесной науки. — 2023. — № 6 (1). — С. 73–90.
7. Кучеров С.Е. Характеристика радиального прироста *Pinus sylvestris* L. регионального памятника природы Оренбургской области «Петровские одиночные сосны» / С.Е. Кучеров, П.В. Вельмовский. // Степи Северной Евразии : материалы X Международного симпозиума (Оренбург, 25–29 мая 2024 г.); — Оренбург: Вопросы степеведения, 2024.
8. Порозова А.С. Оценка влияния сжигания попутного газа на радиальный прирост *Pinus sylvestris* (Озёрное месторождение нефти, Пермский край, Россия) / А.С. Порозова, П.Ю. Санников // Антропогенная трансформация природной среды. — 2021. — № 7 (2). — С. 58–74. — DOI: 10.17072/2410-8553-2021-2-58-74
9. Walker D.A. Cumulative impacts of a gravel road and climate change in an ice-wedge-polygon landscape, Prudhoe Bay, Alaska / D.A. Walker, M.K. Reynolds, M.Z. Kanevskiy // Arctic Science. — 2022. — № 8 (4). — P. 1040–1066.
10. Новаковская Т.В. Изменение видового состава и структуры фитоценозов плоскостного болота при техногенных нарушениях / Т.В. Новаковская, Н.П. Акульшина // Биологическое разнообразие антропогенно трансформированных ландшафтов Европейского Северо-Востока. — 1996. — № 149. — С. 31–41.
11. Reynolds M.K. Frozen no more, a case study of Arctic permafrost impacts of oil and gas withdrawal / M.K. Reynolds, J.C. Jorgenson, M.T. Jorgenson // Scientific Reports. — 2024. — № 14.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Glebova L.V. 'E'kologicheskie problemy' szhiganiya poputnogo neftyanogo gaza [Environmental problems of associated petroleum gas flaring] / L.V. Glebova, F.A. Sharipov, E.Yu. Voblikova et al. // Geology, Geography and Global Energy. — 2023. — № 1 (88). — P. 142–146. [in Russian]



2. Morozov A.E. Zonirovanie podfakel'ny'x territorij na neftyany'x mestorozhdeniyax Xanty'-Mansijskogo avtonomnogo okruga s cel'yu ix posleduyushhej rekul'tivacii [Zoning of flare-affected areas at oil fields of Khanty-Mansi Autonomous Okrug for their subsequent reclamation] / A.E. Morozov, V.G. Reshetnikov, N.A. Luganskij et al. // Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Academy. — 2007. — № 180. — P. 114–125. [in Russian]
3. Norin B.N. Struktura rastitel'ny'x soobshhestv vostochnoevropejskoj lesotundry' [Structure of plant communities in the East European forest-tundra] / B.N. Norin. — Leningrad: Nauka, 1979. — 200 p. [in Russian]
4. Kryuchkov K.V. Vliyanie fakelov po szhiganiyu poputnogo neftyanogo gaza na lesnie nasazhdeniya [Impact of associated petroleum gas flares on forest stands] : dis. ... of PhD : 06.03.03 : defense of the thesis 2020-12-21 : approved 2001-02-05 / K.V. Kryuchkov. — 2000: 2020. — 165 p. — URL: <https://www.dissercat.com/content/vliyanie-fakelov-po-szhiganiyu-poputnogo-gaza-na-lesnye-nasazhdeniya> (accessed: 11.05.26). [in Russian]
5. Kokorina N.V. Primenenie dendroxronoindikacionny'x metodov v ocenke vozdejstviya szhiganiya poputnogo neftyanogo gaza na xvojny'e porody' v usloviyax srednej tajgi Zapadnoj Sibiri [Application of dendrochronological indication methods to assess the impact of associated petroleum gas flaring on conifers in the middle taiga of Western Siberia] / N.V. Kokorina, P.B. Tatarincev, A.M. Kasatkin // Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. — 2019. — № 29 (2). — P. 191–198. [in Russian]
6. Xamedov V.A. Ocenka veroyatnogo gazoximicheskogo zagryazneniya perspektivny'x lesny'x osobo oxranyaemy'x prirodny'x territorij vy'brosami pri szhiganii poputnogo neftyanogo gaza [Assessment of possible gas-chemical pollution of prospective forest protected areas by emissions from associated petroleum gas flaring] / V.A. Xamedov, N.V. Davy'dova // Forest Science Issues. — 2023. — № 6 (1). — P. 73–90. [in Russian]
7. Kucherov S.E. Karakteristika radial'nogo prirosta Pinus sylvestris L. regional'nogo pamyatnika prirody' Orenburgskoj oblasti «Petrovskie odinochny'e sosny» [Characteristics of radial increment of Pinus sylvestris L. in the regional natural monument "Petrovskie solitary pines" of Orenburg Oblast] / S.E. Kucherov, P.V. Vel'movskij. // Steppes of Northern Eurasia: Proceedings of the 10th International Symposium (Orenburg, May 25–29, 2024); — Orenburg: Voprosy' stepovedeniya, 2024. [in Russian]
8. Porozova A.S. Ocenka vliyaniya szhiganiya poputnogo gaza na radial'ny'j prirost Pinus sylvestris (Ozyornoe mestorozhdenie nefti, Permskij kraj, Rossiya) [Assessment of the influence of associated gas flaring on radial increment of Pinus sylvestris (Ozyornoye oil field, Perm Krai, Russia)] / A.S. Porozova, P.Yu Sannikov // Anthropogenic Transformation of the Natural Environment. — 2021. — № 7 (2). — P. 58–74. — DOI: 10.17072/2410-8553-2021-2-58-74 [in Russian]
9. Walker D.A. Cumulative impacts of a gravel road and climate change in an ice-wedge-polygon landscape, Prudhoe Bay, Alaska / D.A. Walker, M.K. Raynolds, M.Z. Kanevskiy // Arctic Science. — 2022. — № 8 (4). — P. 1040–1066.
10. Novakovskaya T.V. Izmenenie vidovogo sostava i struktury' fitocenozov ploskobugristogo bolota pri texnogenny'x narusheniyax [Changes in species composition and structure of phytocenoses of a flat-hummocky bog under technogenic disturbances] / T.V. Novakovskaya, N.P. Akul'shina // Biological diversity of anthropogenically transformed landscapes of the European North-East. — 1996. — № 149. — P. 31–41. [in Russian]
11. Raynolds M.K. Frozen no more, a case study of Arctic permafrost impacts of oil and gas withdrawal / M.K. Raynolds, J.C. Jorgenson, M.T. Jorgenson // Scientific Reports. — 2024. — № 14.