

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2026. № 3 (84). С. 170–176.

Buryat Agrarian Journal. 2026;3(84):170–176.

Краткое сообщение

УДК 630*4:504.5

doi: 10.34655/bgsha.2026.84.3.019

Оценка воздействия факельных установок на санитарное состояние лесотундровых древостоев Харьягинского месторождения

Андрей Алексеевич Сентемов¹, Ольга Николаевна Тюкавина²

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

¹ a.sentemov@narfu.ru

² o.tukavina@narfu.ru

Аннотация. Сжигание попутного нефтяного газа на факельных установках нефтегазовых месторождений Арктической зоны создаёт значительную техногенную нагрузку на лесотундровые экосистемы, отличающиеся низкой восстановительной способностью. Однако количественные данные о влиянии факелов на древостои в условиях лесотундры остаются фрагментарными. В 2023–2025 гг. на двух факельных установках Харьягинского месторождения (Ненецкий автономный округ) заложены 24 пробные площади на удалении 50, 150, 250 и 350 м от источников выбросов с учётом розы ветров (выделены три направления: основное с частотой >40%, сезонное 10–40% и редкое <10%). На каждой площади проведён сплошной перебор деревьев с определением категории состояния, классов повреждения по степени дефолиации и дехромации, а также измерены приросты главного и бокового побегов ели сибирской на модельных деревьях трёх размерных групп. Фоновые значения получены на участке у хозяйственных построек на значительном удалении от факельных установок. Статистическая обработка выполнена с использованием t-критерия Стьюдента. Установлено статистически достоверное ухудшение всех показателей в радиусе до 250 м по направлению господствующих ветров. На расстоянии 50 м в основном направлении ветра категория состояния достигает 4,5, средний класс повреждения по дефолиации – 3,8, по дехромации – 3,5 балла; приросты главного побега снижаются до 45–55% от фона. В сезонном и редком направлениях ветра угнетение выражено слабее и затухает на расстоянии 150–200 м. На удалении 350 м различия с фоном статистически незначимы. Выявлена анизотропия воздействия факельных установок: в направлении доминирующих ветров угнетение максимально. Полученные результаты обосновывают границы зон приоритетного экологического мониторинга (до 250 м) и необходимость искусственного лесовосстановления на подфакельных территориях.

Ключевые слова: факельные установки, попутный нефтяной газ, лесотундра, санитарное состояние древостоя, дефолиация, дехромация.

Brief report

Assessment of the impact of flare units on the sanitary condition of forest-tundra stands in the Kharyaga oilfield**Andrey A. Sentemov¹, Olga N. Tyukavina²**^{1,2} Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia¹ a.sentemov@narfu.ru² o.tukavina@narfu.ru

Abstract. Flaring of associated petroleum gas at oil and gas fields in the Arctic zone creates a significant man-made burden on forest-tundra ecosystems, that are characterized by low recovery capacity. However, quantitative data on the impact of flares on forest stands under forest-tundra conditions remain fragmentary. In 2023–2025, 24 sample plots were launched at two flare units of the Kharyaga oilfield (Nenets Autonomous Okrug) at distances of 50, 150, 250 and 350 m from the emission sources, taking into account the wind chart (three directions were designated: the main one with a frequency >40%, seasonal 10–40%, and rare <10%). Within each plot, a complete tree census was carried out with determination of the condition category, damage classes by defoliation and decoloration degrees; also the increments of the main and lateral shoots of Siberian spruce were measured on model trees of three size groups. Background values were obtained from a site near support structures at a considerable distance from the flare units. Statistical processing was performed using Student t-test. A statistically significant deterioration of all parameters was found within a radius of 250 m in the direction of the prevailing winds. At a distance of 50 m in the main wind direction, the condition category reaches 4.5, the average damage class by defoliation is 3.8, by decoloration – 3.5 points; the increments of the main shoot decrease to 45–55% of the background values. In the seasonal and rare wind directions, the suppression is weaker and fades at a distance of 150–200 m. At a distance of 350 m, differences with the background values are statistically insignificant. The anisotropy of the impact of flare units is pointed: in the direction of prevailing winds, the suppression reaches its maximum values. The results obtained substantiate the boundaries of priority environmental monitoring zones (up to 250 m) and the need for artificial reforestation in flare-affected areas.

Keywords: flare units, associated petroleum gas, forest-tundra, sanitary condition of forest stands, defoliation, decoloration.

Введение. Освоение нефтегазовых месторождений в Арктической зоне Российской Федерации сопровождается значительной техногенной нагрузкой на хрупкие экосистемы лесотундры и северных редколесий. Одним из наиболее мощных источников воздействия являются факельные установки для сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ). При сжигании ПНГ в атмосферу попадают оксиды серы и азота, сажа, сероводород, несгоревшие углеводороды, а также формируется тепловое загрязнение [1–5]. В условиях низких температур, короткого вегетационного периода и распространения многолетнемерзлых пород лесотундровые древостои отличаются крайне медленными темпами восстановления и высокой уязвимостью к антропогенному воздействию [6].

Харьягинское месторождение разрабатывается с 1988 г., на его территории постоянно действует несколько факельных установок. Однако комплексных лесотаксационных исследований влияния этих объектов на состояние древостоев в условиях лесотундры до настоящего времени не проводилось. Большинство известных работ посвящены таёжной зоне Западной Сибири [7–8] или условиям средней и южной тайги, степи [9–11]. Для арктических и субарктических территорий данные о радиусах зон угнетения, характере повреждений и динамике восстановления растительности остаются фрагментарными [12; 13].

Цель исследования – оценка воздействия факельных установок на древостои лесотундры. Задачи исследования: изу-

чить изменение показателей состояния древостоя по градиенту удаления от факелов с учётом розы ветров; оценить угнетение приростов главного и бокового побегов ели сибирской.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в августе 2025 г. на территории Харьгинского месторождения. Климат района субарктический, умеренно континентальный, со средней температурой $-5,0^{\circ}\text{C}$, продолжительностью безморозного периода 53 дня. Почвы глееподзолистые и торфяно-глеевые, характерна многолетняя мерзлота. Древостой представлен разреженными елово-берёзовыми редколесьями

с сомкнутостью крон 0,2–0,4 (табл. 1).

Изучены территории около факельных установок: на Центральном пункте сбора (ЦПС) ООО «Зарубежнефть-добыча Харьяга» (объект № 1) и на УПСВ ООО «Лукойл-Пермь» (объект № 2). Для каждого факела заложено по 12 ленточных пробных площадей (ПП) в направлениях в соответствии с господствующими ветрами на удалении 50, 150, 250 и 350 м. Роза ветров построена по многолетним данным метеостанции в посёлке Харьгинск. Ширина пробных площадей составляла 20 м, длина определялась количеством деревьев (до 150 шт.).

Таблица 1 – Таксационная характеристика лесных насаждений в зонах влияния факельных установок

№ ПП	Факельная установка (направление ветра)	Расстояние от факельной установки, м	Тип леса	Состав древостоя	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Относительная полнота
1	Зарубежнефть (основное)	50	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
2	Зарубежнефть (сезонное)	50		3Е7Б	4,5	8,5	Va	0,12
		150		4Е6Б	5,8	10,8	Va	0,22
		250		5Е5Б	7,3	14,0	V	0,32
		350		7Е3Б	8,0	16,0	V	0,41
3	Зарубежнефть (редкое)	50		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
4	Лукойл-Пермь (основное)	50		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
5	Лукойл-Пермь (сезонное)	50		3Е7Б	4,4	8,3	Va	0,11
		150		4Е6Б	5,6	10,5	Va	0,21
		250		6Е4Б	7,2	13,8	V	0,31
		350		7Е3Б	7,9	15,9	V	0,40
6	Лукойл-Пермь (редкое)	50		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
7	Фон (хозяйственные постройки)	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

На каждой ПП проведён сплошной пересчёт деревьев, категории состояния деревьев оценивали согласно Правилам

санитарной безопасности в лесах (Постановление правительства Российской Федерации от 09.12.2020 № 2047). В про-

цессе исследований для каждого дерева определяли категорию состояния, классы повреждения по степени дефолиации и степени дехромации [14]. Измерены приросты главного побега и средний прирост на боковых ветвях за 2023–2025 гг. на модельных деревьях трёх размерных групп с помощью линейки точностью до 1 мм. Фоновые значения всех показателей для последующего сравнения были получены на участке у хозяйственных построек, не связанном с нефтегазовыми объектами. Статистическую обработку собранных данных выполняли в программном продукте Statistica 12.

Результаты и их обсуждение. На всех пробных площадях установлено последовательное ухудшение санитарного состояния по мере приближения к факелам (табл. 2). На расстоянии 50 м в направлении доминирующих ветров отмечаются процессы усыхания древостоя. Категория состояния древостоя достигает 3,9–4,4 балла, средний класс поврежде-

ния деревьев по степени дефолиации кроны – 3,7, дехромации – 3,3. Происходит значительное повреждение ассимиляционного аппарата (дефолиация и дехромация кроны от сильной до полной потери хвои). На расстоянии 150 м от факела состояние насаждения сильно ослабленное, но уже на расстоянии 250 м сильного ослабления древостоя не наблюдается. Средневзвешенная категория состояния насаждения здесь сокращается в 2 раза по сравнению с фоновой территорией; средний класс повреждения деревьев по степени дефолиации – в 2,6 раза ($t = 2,6$ при $t_{st} = 2,0$); дехромации – в 5,5 раза ($t = 2,3$ при $t_{st} = 2,0$). На расстоянии 350 м от факельной установки категория состояния насаждения находится на уровне с фоновыми территориями, но средний класс повреждения деревьев по степени дефолиации превышает контрольные значения в 2 раза ($t = 1,9$ при $t_{st} = 2,0$), а по степени дехромации – в 4 раза ($t = 1,4$ при $t_{st} = 2,0$).

Таблица 2 – Санитарное состояние древостоев в зависимости от расстояния до факельной установки

Расстояние до факельной установки, м	Направление ветра	Категория состояния	Средний класс повреждения деревьев по степени	
			дефолиации	дехромации
50	основное	$4,2 \pm 0,6$	$3,7 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,2$
	сезонное	$2,9 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,3$
	редкое	$2,5 \pm 0,3$	$1,7 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,2$
150	основное	$3,3 \pm 0,4$	$2,8 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$
	сезонное	$2,2 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$
	редкое	$1,9 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
250	основное	$2,1 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,2$
	сезонное	$1,5 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,1$
	редкое	$1,4 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,1$
350	основное	$1,9 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,3$	$0,4 \pm 0,2$
	сезонное	$1,3 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,0 \pm 0,0$
	редкое	$1,3 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	$0,0 \pm 0,0$
Фон (хоз. постройки)		$1,7 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,1$	$0,1 \pm 0,1$

В направлении доминирующих ветров (частота >40%) зафиксировано наиболее сильное угнетение древостоя, антропогенный пресс снижается на расстоянии 250 м. Даже на расстоянии 350 м отмечается ослабление насаждения.

При сезонном (частота 10–40%) и редком (частота <10%) направлениях ветров

угнетение древостоя выражено слабее. Вблизи факельной установки насаждения относятся к категории сильно ослабленных, но уже на расстоянии 250 м – без признаков ослабления. Средний класс повреждения деревьев по степени дефолиации и дехромации кроны значимо не различается в направлениях сезонных и

редких ветров. По сравнению с насаждениями доминирующих направлений ветров средний класс повреждения деревьев по степени дефолиации кроны здесь снижается на расстоянии 50 м от факельной установки в 2 раза ($t = 5,3$ при $t_{st} = 2,0$), на расстоянии 150 м – в 2,9 раза ($t = 13,4$ при $t_{st} = 2,0$), на расстоянии 250 м – в 2,5 раза ($t = 2,7$ при $t_{st} = 2,0$), на расстоянии 350 м – в 3 раза ($t = 2,5$ при $t_{st} = 2,0$); средний класс повреждения деревьев по степени дехромации кроны снижается на расстоянии 50 м от факельной установки в 3,3 раза ($t = 7,1$ при $t_{st} = 2,0$), на расстоянии 150 м – в 5,6 раза ($t = 9,3$ при $t_{st} = 2,0$),

на расстоянии 250 м – в 6,4 раза ($t = 2,3$ при $t_{st} = 2,0$), на расстоянии 350 м – в 3 раза ($t = 2,0$ при $t_{st} = 2,0$).

Вблизи от факелов приросты главного и бокового побегов молодых елей сибирских (*Picea obovata* Ledeb.) значительно снижаются, достигая минимальных значений в направлении доминирующих ветров (табл. 3). По мере удаления от источника выбросов происходит постепенное восстановление ростовых процессов: к 250 м приросты приближаются к фоновым показателям, а на расстоянии 350 м практически достигают контрольных значений.

Таблица 3 – Относительные приросты побегов ели сибирской на разном расстоянии от факельных установок

Направление ветра	Расстояние от факельной установки, м			
	50	150	250	350
	Относительные приросты, % от фона			
Основное	48–52*	58–61	77–80	93–97
Сезонное	50–53	64–66	82–86	98–100
Редкое	54–55	67–69	86–89	99

*Объект № 1 – объект № 2.

Полученные данные согласуются с результатами К.В. Крюкова [15] для факельных установок в ХМАО, где приросты на расстоянии 100 м снижались на 30–40%. Однако, в лесотундре угнетение начинается с меньших расстояний и протекает острее, что связано с более суровыми условиями, редкостойными насаждениями и меньшей восстановительной способностью деревьев.

Выводы:

1. Факельные установки Харьягинского месторождения оказывают негативное воздействие на санитарное состояние лесотундровых древостоев в радиусе до 250 м по направлению господствующих ветров. На расстоянии 50 м категория состояния насаждения достигает 4,5; средний класс повреждения деревьев по степени дефолиации кроны – 3,8; дехромации – 3,5. К 350 м различия с фоном становятся незначимыми.

2. Выявлена анизотропия воздей-

ствия: в направлении доминирующих ветров угнетение насаждения максимально и сохраняется на большем удалении, что подтверждает ведущую роль атмосферного переноса загрязняющих веществ.

3. Приросты главного побега на расстоянии 50 м от факела снижаются до 45–55% от фона – наиболее сильное угнетение среди всех изученных объектов инфраструктуры месторождения. Восстановление до 94–100% происходит лишь на расстоянии 350 м.

Практические рекомендации/предложения: необходимо включить подфакельные территории в зону приоритетного экологического мониторинга с радиусом не менее 250 м; при проектировании новых факельных установок следует увеличивать высоту труб не менее 35 м и предусматривать максимальную утилизацию ПНГ для снижения приземных концентраций.

Список источников

1. Экологические проблемы сжигания попутного нефтяного газа / Л.В. Глебова, Ф.А. Шарипов, Е.Ю. Вобликова, Д.С. Артамонов // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 1 (88). С. 142–146. DOI: 10.54398/20776322_2023_1_142. EDN: UBSAAQ
2. Васиуллина А.И., Московченко Д.В. Оценка воздействия сжигания попутного нефтяного газа на таежные ландшафты по данным анализа значений вегетационного индекса (NDVI) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2020. № 1 (292). С. 14-21. DOI: 10.33285/2411-7013-2020-1(292)-14-21. EDN: UOZSFT
3. Хамедов В.А., Давыдова Н.В. Оценка вероятного газохимического загрязнения перспективных лесных особо охраняемых природных территорий выбросами при сжигании попутного нефтяного газа // Вопросы лесной науки. 2023. Т. 6. № 1. С. 73-90. DOI: 10.31509/2658-607x-202261-119. EDN: LZTAXR.
4. Sodimu A.L., Suleiman R., Adamu I., Adedapo J.O. Ecological impact of gas flaring from the kaduna refinery and petrochemical industry (krpc) on floristic diversity in Kaduna Northern Guinea savanna eco-region of Nigeria // Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management. 2022. 15(5). Pp. 667–675. DOI: <https://ejesm.org/doi/v15i5.9>
5. Ifeyinwa Obi-udu, Benjamin O. Uwadiogwu, Shalom U. Onwuka, Okechukwu N.N. Okoye Assessment of the Impact of Gas Flaring on the pH, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe and Mn Concentrations in the Rainwaters of Jeddo Community, Delta State, Nigeria // British Journal of Environmental Sciences. 2021. Vol. 9, No 2. Pp. 48-53. DOI: 10.2139/ssrn.3819626.
6. Foster A., Wang J., Frost G., et al. Disturbances in North American boreal forest and Arctic tundra: impacts, interactions, and responses // Environmental Research Letters. 2022. Vol. 17. Art. No. 113004. DOI: 10.1088/1748-9326/ac98d7. EDN: HNANTZ
7. Риск воздействия факельных установок на среднетаежные ландшафты ХМАО-ЮГРА / Д.В. Федоров, М.Н. Алексеева, И.В. Русских, И.Г. Яценко // XV Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. Томск, 2023. С. 269 – 272. EDN: EXKEKA
8. Морозов А.Е. Научная организация использования и сохранения лесов в районах добычи углеводородного сырья (на примере Ханты-Мансийского автономного округа - Югры): автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Екатеринбург, 2022. 39 с. EDN: TLCKLR.
9. Порозова А.С. Перспективы исследования влияния сжигания попутного газа на древостой на территории Прикамья // Экологические проблемы. Взгляд в будущее. Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону – Таганрог, 2020. С. 522-526. EDN: NXNVGV.
10. Порозова А.С., Санников П.Ю. Оценка влияния сжигания попутного газа на радиальный прирост *Pinus sylvestris* (Озёрное месторождение нефти, Пермский край, Россия) // Антропогенная трансформация природной среды. 2021. Т. 7. № 2. С. 58–74. DOI: 10.17072/2410-8553-2021-2-58-74. EDN: VMPKHO.
11. Мячина К.В., Краснов Е.В. Пути оптимизации степных ландшафтов в условиях добычи нефти и газа // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 1. С. 76-86. DOI: 10.18470/1992-1098-2021-1-76-86. EDN: TIAZWW.
12. Walker D.A., Raynolds M.K., Kanevskiy M.Z. et al. Cumulative impacts of a gravel road and climate change in an ice-wedge-polygon landscape, Prudhoe Bay, Alaska // Arctic Science. 2022. Vol. 8. No 4. Pp. 1040–1066. DOI: 10.1139/as-2021-0014. EDN: AOATBR.
13. Тюкавина О.Н., Сентемов А.А., Сурина Е.А. Антропогенная трансформация лесных земель в зоне прокладки газовых трубопроводов // Лесное хозяйство в условиях глобальных вызовов: новые парадигмы устойчивого развития : материалы Международного лесного форума, приуроченного к празднованию 95-летия ВГЛТУ. Воронеж, 2025. С. 166–172. DOI: 10.58168/Forestry2025_166-172. EDN: FOCFIE.
14. Цветков В.Ф., Лесиньски Е.А., Армолайтис К.Э., Пархимович Т.А. Мониторинг состояния лесов Европейского Севера: методические рекомендации. Архангельск: РИО АГТУ, 1995. 35 с.
15. Крючков К.В. Влияние факелов по сжиганию попутного нефтяного газа на лесные насаждения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2000. 21 с. EDN: NJNWKR.

References

1. Glebova L.V., Sharipov F.A., Voblikova E.Yu., Artamonov D.S. Environmental Problems of associated petroleum gas combustion. *Geology, Geography and Global Energy*. 2023;1(88):142-146 (In Russ.). DOI: 10.54398/20776322_2023_1_142.
2. Vasiullina A.I., Moskovchenko D.V. Assessment of the impact of associated petroleum gas flaring on taiga landscapes based on the analysis of the vegetation index (NDVI). *Environmental Protection in Oil and Gas Complex*. 2020;1(292):14-21 (In Russ.). DOI: 10.33285/2411-7013-2020-1(292)-14-21.
3. Khamedov V.A., Davydova N.V. Assessment of probable gas-chemical pollution of promising forest protected areas by APG burning emissions. *Forest Science Issues*. 2023;6(1):73-90 (In Russ.). DOI: 10.31509/2658-607x-202261-119.
4. Sodimu A.L., Suleiman R., Adamu I., Adedapo J.O. Ecological impact of gas flaring from the Kaduna Refinery and Petrochemical Industry (KRPC) on floristic diversity in Kaduna Northern Guinea savanna eco-

region of Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management*. 2022;15(5):667-675. DOI: <https://ejesm.org/doi/v15i5.9>.

5. Ifeyinwa Obi-udu, Benjamin O. Uwadiogwu, Shalom U. Onwuka, Okechukwu N.N. Okoye. Assessment of the Impact of Gas Flaring on the pH, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe and Mn Concentrations in the Rainwaters of Jeddo Community, Delta State, Nigeria. *British Journal of Environmental Sciences*. 2021;9(2):48-53. DOI: 10.2139/ssrn.3819626.

6. Foster A., Wang J., Frost G. et al. Disturbances in North American boreal forest and Arctic tundra: impacts, interactions, and responses. *Environmental Research Letters*. 2022;Vol.17:Art.No113004. DOI: 10.1088/1748-9326/ac98d7.

7. Fedorov D.V., Alekseeva M.N., Russkikh I.V., Yashchenko I.G. Risk of impact of flare units on middle taiga landscapes of KhMAO-Yugra. *XV Siberian Conference and School of Young Scientists on Climate-Ecological Monitoring*. Tomsk, 2023. Pp. 269-272 (In Russ.).

8. Morozov A.E. Scientific organization of forest use and conservation in hydrocarbon production areas (on the example of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Yugra). Doctoral dissertation abstract. Yekaterinburg, 2022. 39 p. (In Russ.).

9. Porozova A.S. Prospects of studying the impact of associated gas combustion on forest stands in the Kama region. *Ecological problems. A look into the future. Proc. of the IX Int. Sci. and Pract. Conf.* Rostov-on-Don – Taganrog, 2020. Pp. 522-526 (In Russ.).

10. Porozova A.S., Sannikov P.Yu. Assessment of the impact of associated gas flaring on radial growth of *Pinus sylvestris* (Ozernoye oil field, Perm region, Russia). *Anthropogenic Transformation of the Natural Environment*. 2021;7(2):58-74 (In Russ.). DOI: 10.17072/2410-8553-2021-2-58-74.

11. Myachina K.V., Krasnov E.V. Ways to optimize steppe under of oil and gas production. *South of Russia: ecology, development*. 2021;16(1):76-86 (In Russ.). DOI: 10.18470/1992-1098-2021-1-76-86.

12. Walker D.A., Raynolds M.K., Kanevskiy M.Z., et al. Cumulative impacts of a gravel road and climate change in an ice-wedge-polygon landscape, Prudhoe Bay, Alaska. *Arctic Science*. 2022;Vol.8,No4:1040–1066. DOI: 10.1139/as-2021-0014.

13. Tyukavina O.N., Sentemov A.A., Surina E.A. Anthropogenic transformation of forest lands in the gas pipeline construction zone. *Forestry in the context of global challenges: new paradigms of sustainable development. Proc. of the Int. Forest Forum*. Voronezh, 2025. Pp. 166-172 (In Russ.). DOI: 10.58168/Forestry2025_166-172.

14. Tsvetkov V.F., Lesinski E.A., Armolaitis K.E., Parkhimovich T.A. Monitoring of forest condition in the European North: Methodological recommendations. Arkhangelsk: RIO AGTU; 1995. 35 p. (In Russ.).

15. Kryuchkov K.V. Influence of associated petroleum gas flares on forest plantations. Candidate's dissertation abstract. Yekaterinburg, 2000. 21 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Андрей Алексеевич Сентемов – старший преподаватель кафедры бурения скважин, разработки нефтяных и газовых месторождений, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, a.sentemov@narfu.ru;

Ольга Николаевна Тюкавина – доктор сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация», доцент, профессор кафедры биологии, экологии и биотехнологии, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, o.tukavina@narfu.ru.

Information about the authors

Andrey A. Sentemov – Senior Lecturer, Chair of Well Drilling, Development of Oil and Gas Fields, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, a.sentemov@narfu.ru;

Olga N. Tyukavina – Doctor of Science (Agriculture), specialty 06.03.02 "Forestry, Silviculture, Forest Management and Forest Inventory, Associate Professor, Professor, Chair of Biology, Ecology and Biotechnology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, o.tukavina@narfu.ru.

Статья поступила в редакцию 12.05.2026; одобрена после рецензирования 26.06.2026; принята к публикации 07.07.2026.

The article was submitted on 12.07.2026; approved after reviewing on 26.06.2026; accepted for publication on 07.07.2026.