

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ВБЛИЗИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ ГИПСА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ



¹В.А. Наход, ¹А.И. Малов, ¹Е.Ю. Чуракова, ²О.В. Сидорова

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова, Уральское отделение Российской академии наук, г. Архангельск,

²Северный Арктический федеральный университет (САФУ) имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

Представлены результаты мониторинговых исследований лесной растительности вблизи предприятия по добыче гипса в Архангельской области. Выполнено исследование важнейших морфометрических показателей и жизнеспособности растений всех основных ярусов лесных сообществ, а также внеярусной биоты, к которой были отнесены эпифитные и эпиксильные мхи и лишайники. Показано, что состав и структура древостоя, травяно-кустарничкового, мохово-лишайникового ярусов, а также внеярусной биоты не претерпели заметных изменений. Отмечено, что на большинстве пробных площадей, которые располагаются в непосредственной близости от границы карьера, произошло увеличение численности подроста, изменение высоты и виталитета кустов подлеска.

Ключевые слова: месторождения минерально-сырьевых ресурсов, экологический мониторинг, растительность, особо охраняемые природные территории (ООПТ), Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ)

Статья поступила в редакцию 13.05.2024, доработана 10.07.2024, принята к публикации 21.08.2024

Transformation of Forest Phytocenoses Near the Gypsum Mining Enterprise in the Arkhangelsk Region

¹V.A. Nakhod, ¹A.I. Malov, ¹E.Yu. Churakova, ²O.V. Sidorova

¹Federal Research Center for Integrated Arctic Studies named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 163020, Arkhangelsk, Russia,

¹Northern Arctic Federal University (NAFU) named after M.V. Lomonosov, 163002 Arkhangelsk, Russia

The results of monitoring studies of forest vegetation in the vicinity of a gypsum mining enterprise in the Arkhangelsk region are presented. The study of the most important morphometric parameters and vitality of plants of all main tiers of forest communities, as well as extra-tier biota, which included epiphytic and epixylous mosses and lichens, was carried out. It was shown that the composition and structure of the forest stand, herbaceous-shrub, moss-lichen tiers, as well as extra-tier biota did not undergo noticeable changes. It was noted that on the majority of sample plots, which are located in close proximity to the quarry boundary, there was an increase in the number of undergrowth, changes in the height and vitality of undergrowth bushes.

Keywords: deposits of mineral resources, environmental monitoring, vegetation, specially protected natural areas (SPNA), Arctic zone of the Russian Federation (AZRF)

Received 13.05.2024, revised 10.07.2024, accepted for publication 21.08.2024

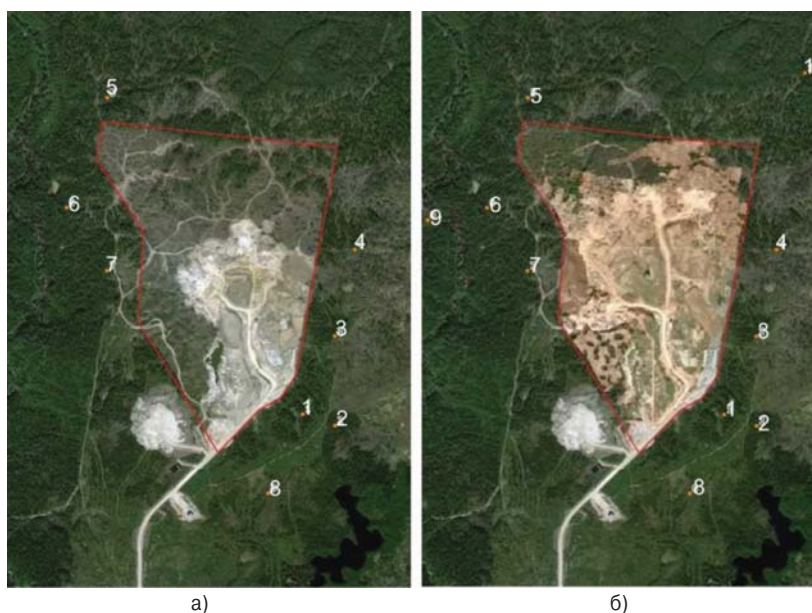
DOI: 10.18412/1816-0395-2024-11-47-53

Известно, что длительные техногенные нагрузки, связанные с разведкой, добычей и переработкой минеральных ресурсов, могут привести к существенной техногенной трансформации природных геосистем на значительной территории, а в отдельных районах — к коренному преобразованию геологической среды в природно-техногенную систему [1].

В настоящее время большое внимание уделяют изучению

воздействия на растительность добычи нефти, природного газа и алмазов [2–5], но хочется отметить, что количество предприятий, добывающих строительные горные породы, в разы больше. В то же время разработка месторождений общераспространённых полезных ископаемых, таких как гипс, известняк, гранит, с точки зрения влияния на растительный покров рассмотрена недостаточно подробно.

Цель данной работы — изучение изменений состояния растительного покрова в зоне воздействия месторождения гипса "Глубокое" в Архангельской области. В настоящее время в данном регионе разведано 4 месторождения гипса, но именно "Глубокое" представляет наибольший интерес в данном аспекте, поскольку его разрабатывают начиная с 2008 г. Кроме того, площадь месторождения с севера и с северо-востока огра-



Карта-схема расположения пунктов постоянного мониторинга растительности на территории месторождения гипса в 2020 г. (а) и 2023 г. (б) (точками отмечены места расположения постоянных ПП, красной линией – границы территории освоения)

Location map of permanent vegetation monitoring points on the territory of the gypsum deposit in 2020 (a) and 2023 (b) (dots indicate locations of permanent sample areas, red line – borders of the development area)

ничена Чугским государственным природным ландшафтным заказником регионального значения, который образован для сохранения карстовых ландшафтов, и существуют опасения, что добыча гипса может негативно влиять на природные компоненты заказника.

Материал и методы исследования

Месторождение "Глубокое" расположено в зоне северной тайги Архангельской области. Запасы гипса, составляющие более 20 млн т, добывают открытым способом с применением взрывных работ. Разрыхленная горная масса перерабатывается непосредственно в карьере на передвижной дробильно-сортировочной установке. Готовая продукция и отходы производства складываются в открытых конусных складах и вывозятся из карьера автотранспортом. Воздействие на растительный покров в основном обусловлено запылением при проведении буровых и выемочно-погрузочных работ, переработке горной массы в гипсовый камень, транспортировке отходов и товарной продукции. Проектом строительства карьера гипса на месторождении "Глубокое" установлены норма-

тивы предельно допустимых выбросов. Для неорганической пыли с содержанием SiO_2 до 20 % они составляют 44,619 т/год, а SiO_2 20–70 % — 3,278 т/год [6].

Для контроля состояния растительности на месторождении в 2020 г. выполнена закладка и геоботаническое описание 8 постоянных пробных площадей (ПП) размером 25×25 м. Выбор мест закладки осуществляли таким образом, чтобы максимально охватить разнообразие растительных сообществ и учесть сукцессионный статус фитоценозов для исключения возможности их существенных изменений в результате демуляции. В углах каждой ПП после разметки вкапывали маркировочные столбы. В 2023 г. выполнили повторное описание данных ПП, и, кроме того, учитывая расширение осваиваемой территории, заложили ещё 2 ПП для характеристики фонового состояния растительности.

Пробные площади были размещены в лесных сообществах следующих типов: ельники чернично-зеленомошные (ПП № 1, 7); ельник моршкovo-сфагновый (№ 2); ельник чернично-сфагновый (№ 3), сосняк черничный (№ 4, 9), елово-лиственничник разнотравно-зеленомош-

ный (№ 5), ельники разнотравные (№ 6, 10), сосняк моршкovo-сфагновый (№ 8). При этом ПП № 1, 3, 4, 5, 7 находятся в непосредственной близости от границ территории освоения, а ПП 2, 6, 8, 9 и 10 рассматриваются как фоновые (см. рисунок).

Описания сообществ выполняли по стандартной методике [7], которая была модифицирована для измерения и учета показателей динамики численности и жизненного состояния растений.

В соответствии с существующими методическими рекомендациями работы [8] наибольшее внимание уделяли измерению и учету морфометрических показателей и жизнестойкости растений нижних ярусов, включая подрост, подлесок и внеярусную биоту. В качестве оцениваемых параметров для древостоя были выбраны: сомкнутость крон; возраст, высота и диаметр стволов; доля сухостоя и фаутовых деревьев. Кроме того, отмечали количество валежа сильной, средней и слабой степени разложения. Для определения основных параметров древостоя использовали возрастную буров, сантиметровую ленту и высотомер. Высоту и диаметр измеряли у 20 деревьев каждой из основных пород. Если на пробной площади их было меньше, брали деревья, растущие непосредственно у границы пробной площади.

Для подроста и подлеска учитывали состав, численность и жизненное состояние. Учет численности подроста и подлеска выполняли на постоянных трансектах размером 2×20 м (по две на каждую пробную площадь). Их разбивали на квадраты 2×2 м, границы которых отмечали деревянными кольями. Счетными единицами для видов подроста были особи (за исключением осины, у которой возможно вегетативное размножение), для подлеска — преимущественно парциальные кусты. Высоту и жизнестойкость определяли для каждого измеряемого объекта.

У травяно-кустарничкового яруса определяли видовое разнообразие, покрытие, обилие, жизнестойкость, фенологическое состояние и высоту. Растения высотой до 4 м измеряли с точ-

ностью до 1 см с помощью рулетки, закрепленной на шесте, более высокие — с помощью высотомера. Проективное покрытие определяли с использованием сеточки Раменского, высоту — с точностью до 1 см с помощью металлической рулетки. Для мохово-лишайникового яруса выявляли видовое разнообразие, определяли проективное покрытие и среднюю высоту яруса, а также проективное покрытие для каждого вида. Все измерения для нижних ярусов выполняли в 20-кратной повторности так, чтобы количество измерений обеспечивало достоверность оценок в соответствии со стандартными методами статистики [9].

Поскольку авторы предполагали, что наиболее высокую чувствительность к фактору запыления могут проявлять эпифитные растения и лишайники, стандартная методика была дополнена исследованием внеярусной биоты. Для эпифитных и эпиксильных видов определяли видовое разнообразие, субстратную приуроченность и обилие (в баллах от 1 до 5) на основе глазомерной оценки.

В ходе камеральной обработки были оформлены и обобщены полевые материалы. При участии специалистов проведена точная идентификация видов мхов и лишайников. Средние значения анализируемых показателей рассчитывали с использованием пакета Excel. Обработку данных с целью выявления статистически значимых изменений средней высоты растений нижних ярусов, выполняли с ис-

пользованием пакета программ свободного доступа PAST.

Результаты исследования и их обсуждение

Растительные сообщества на территории месторождения в настоящее время представлены естественными спелыми и перестойными сообществами с участием в древостоях старовозрастных деревьев ели, сосны и лиственницы. Основные лесообразующие породы: ель и сосна, постоянно в качестве примеси присутствует береза. Возраст древостоев варьирует от 70 до 200 лет. Сомкнутость крон составляет от 0,3 до 0,7, высота древостоя — от 12 до 23 м, средний диаметр стволов ели — от $11,3 \pm 1,3$ см до $28,0 \pm 1,4$ см, березы — от $9,0 \pm 0,5$ см до $27,0 \pm 1,5$ см, сосны — от $17,5 \pm 0,9$ см до $30,3 \pm 6,8$ см (табл. 1). Количество валежа варьирует от 50 до 550 шт./га. Сухостой встречается в небольшом количестве — от 0 до 50 шт./га, чаще всего он еловый, березовый и сосновый, реже осиновый.

В составе и структуре древостоя за период наблюдений изменений не отмечено ни на одной из ПП. Дополнительный валеж и сухостой появился на ПП № 3 (1 валежина сосны и 1 остолоп березы) и ПП № 8 (1 валежина ели).

Подрост развит на всех ПП и представлен преимущественно елью с примесью березы, реже осиной, сосной, лиственницей. Численность подроста существенно варьирует: от 1875 до 7875 шт./га. В большинстве слу-

чаев преобладают неблагонадежные и сомнительные экземпляры. За период наблюдений статистически значимых изменений высоты подроста ни на одной ПП не выявлено, однако отмечены изменения его численности. В зоне фоновой мониторинга на ПП № 2 и № 8 отмечено некоторое снижение количества елового подроста и увеличение в его составе доли неблагонадежных особей, на ПП № 6, напротив, количество елового подроста возросло. Вблизи границы карьера на всех пробных площадях, кроме ПП № 1, где произошло снижение численности елового подроста, количество подроста увеличилось, в основном это произошло за счет ели и березы (табл. 2).

Подлесок в изученных лесных сообществах отсутствует или характеризуется низкой численностью (от 1500 до 4500 шт./га), лишь на ПП № 5 она достигает 25625 шт./га (2023 г.). Чаще всего он состоит из *Rosa acicularis*, *Juniperus communis*, *Salix caprea* или *Sorbus aucuparia*, представлены также *Daphne mezereum*, *Rubus idaeus*, *Ribes hispidulum* и *Lonicera pallasii*. Жизненное состояние большинства видов среднее. Это характерно как для ПП в зоне фоновой мониторинга, так и на ПП у границы карьера.

Выявленные различия между показателями 2020 и 2023 гг. оказались статистически значимы для группы площадок, расположенных непосредственно вблизи границы карьера. На ПП № 1 отмечено заметное сниже-

Таблица 1. Основные показатели структуры древостоя на постоянных ПП в 2020 г.

Table 1. Main indicators of forest stand structure at permanent sample areas in 2020

№ ПП	Сомкну- тость крон	Численность, шт./га	Возраст, лет	Формула	Средний диаметр стволов, см			Средняя высота, м		
					Ель	Береза	Сосна	Ель	Береза	Сосна
У границы карьера										
1	0,4	600	170	8Е2Б	13,9±1,1	12,6±1,6	–	12,6±0,3	12,2±0,5	–
3	0,4	875	230	7Е3Б+С	15,1±1,7	14,6±1,1	30,3±6,8	12,1±0,9	13,7±0,6	19,3±1,6
4	0,5	1025	70	5С4Б1Е	11,3±1,3	9,0±0,5	20,7±1,3	8,8±0,8	12±0,4	20,6±0,6
5	0,5	1050	190	4Е3Б2Лц1С	19,7±1,8	23,8±2,0	27,8±2,8	16,5±1,5	22,8±1,6	24,5±1,1
7	0,4	525	120	7Е3Б+С	22,3±1,6	24,3±1,4	–	18,0±1,0	20,1±0,8	–
Фоновый мониторинг										
2	0,3	575	150	9Е1Б	15,3±0,9	19,8±0,6	–	15,3±0,6	19,8±1,9	–
6	0,5	500	150	7Е3Б+С	28,0±1,4	27,0±1,5	–	21,5±0,7	20,7±0,9	–
8	0,3	525	180	10С+Б	–	12,8±1,9	17,5±0,9	–	10,3±1,1	11,8±0,3
9	0,5	680	150	8С1Е1Б	13,0±1,0	11,1±0,6	24,3±1,2	9,4±0,5	9,4±0,3	16,1±0,5
10	0,7	900	210	8Е4Б	20,2±1,9	27,7±2,1	–	12,3±1,1	16,8±0,4	–

ние численности и увеличение высоты и жизненности парциальных кустов *Rosa acicularis*, на ПП № 4 — увеличение численности и снижение высоты *Sorbus*

aucuparia. На ПП № 5 возросла численность и высота *Rosa acicularis*, численность *Sorbus aucuparia* и *Lonicera pallasii*, а на ПП № 7 у *Juniperus communis* су-

щественно увеличилась доля кустов хорошего и среднего виталитета (табл. 3).

Травяно-кустарничковый ярус чаще всего хорошо развит. Его проективное покрытие варьирует от 50 до 80 %, средняя высота — от 13,9±3,42 до 53,9±5,58 см, разнообразие — от 12 до 43 видов. Доминируют типично таежные виды кустарничков (*Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *V. uliginosum*) и трав (*Carex globularis*, *Equisetum sylvaticum*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Maianthemum bifolium*, *Rubus saxatilis*). Характерно участие некоторых болотных (*Chamaedaphne calyculata*, *Rubus chamaemorus*), сибирских (*Aconitum septentrionale*, *Atragene sibirica*, *Delphinium elatum*) и неморальных (*Actaea erythrocarpa*, *Geranium sylvaticum*, *Paris quadrifolia*) видов. Жизненное состояние большинства видов яруса хорошее как на ПП, расположенных вблизи карьера, так и на фоновых. На всех ПП отмечены статистически значимые изменения высоты растений, которые, как видно из табл. 4, в основном обусловлены несовпадением фазов, лишь на ПП № 8, которая располагается в зоне фонового мониторинга, изменения очевидно связаны с изменением влажности почвы и обусловлены развитием карстовых процессов.

Мохово-лишайниковый ярус на всех ПП почти сплошным ковром покрывает поверхность почвы, в его составе отмечено от 7 до 17 видов. Проективное покрытие варьирует от 50 до 95 %, а средняя высота от — 3,8±0,3 см до — 4,2±0,5 см. Основу яруса составляют зеленые мхи *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*. Сфагновые мхи, занимают не более 60 % площади, доминируют *Sphagnum angustifolium*, *S. capillifolium*, *S. centrale*, *S. warnstorffii*. За период наблюдений снижение проективного покрытия мохово-лишайникового яруса отмечено для ПП № 3 (на 10 %) и № 8 (на 15 %), оно произошло за счет снижения покрытия сфагновых мхов, что может свидетельствовать об изменении условий увлажнения.

Разнообразие внеярусной биоты (эпифитных и эпиксильных лишайников и мхов) на

Таблица 2. Основные показатели структуры подроста ели и березы на постоянных ПП
Table 2. Main indicators of spruce and birch undergrowth structure at permanent sample areas

№ ПП	Виды растений	Год наблюдения	Численность, шт./га	Высота, см			Жизненное состояние, %				
				средняя	минимальная	максимальная	Бб	Бд	Сомн	Нб	Сух
У границы карьера											
1	Picea obovata	2020	3750	142,6±27,3	10	450	–	10	15	65	10
		2023	3625	146,8±19,5	13	450	3	7	10	66	14
	Betula pubescens	2020	4000	210,4±27,9	8	620	–	6	81	10	3
		2023	4000	193,3±23,8	36	480	–	6	91	–	3
	Pinus sylvestris	2020	250	183,5*	132	235	–	–	100	–	–
		2023	250	189,5*	129	250	–	–	50	50	–
3	Picea obovata	2020	875	295,1±78,2	57	520	–	–	–	78	22
		2023	1375	276,9±28,4	10	520	–	–	–	91	9
	Betula pubescens	2020	375	186,7±94,3	36	355	–	25	–	50	25
		2023	500	110,8±17,3	15	265	–	25	25	25	25
4	Picea obovata	2020	1750	181,2±36,9	31	460	–	90	–	10	–
		2023	2125	155,9±19,8	24	435	–	6	94	–	–
	Betula pubescens	2020	375	439,0±182	97	700	–	–	100	–	–
		2023	750	249,2±42,9	39	675	–	17	50	–	33
5	Picea obovata	2020	750	97,0±23,3	25	156	–	43	–	57	–
		2023	875	119,9±24,8	32	267	–	–	–	86	14
	Populus tremula	2020	750	143,8±29,5	71	220	–	–	100	–	–
		2023	1125	123,3±29,0	41	305	–	–	89	–	11
7	Picea obovata	2020	1750	116,0±12,6	23	176	7	21	–	72	–
		2023	1875	81,4±16,2	24	186	7	7	–	79	7
	Betula pubescens	2020	875	174,0±25,4	45	357	–	–	29	57	14
		2023	1125	134,3±21,7	54	263	–	–	67	–	33
	Pinus sylvestris	2020	125	310,0*	–	–	–	–	–	100	–
		2023	125	277,0*	–	–	–	–	–	–	100
	Populus tremula	2020	250	435,0*	205	230	–	–	100	–	–
		2023	375	134,0*	69	177	–	–	75	–	25
Фоновый мониторинг											
2	Picea obovata	2020	1250	123,7±38,5	12	325	–	–	–	100	–
		2023	1500	97,9±37,0	8	325	–	–	–	100	–
	Betula pubescens	2020	3000	14,8±1,6	3	38	–	11	75	14	–
		2023	3875	14,4±1,5	10	27	–	–	89	11	–
6	Picea obovata	2020	1875	53,5±13,7	5	159	–	13	47	40	–
		2023	2875	46,1±16,3	7	176	–	4	–	83	13
	Betula pubescens	2020	125	78,0*	–	–	–	–	–	–	100
		2023	250	42,0*	–	–	–	–	100	–	–
8	Picea obovata	2020	2375	138,8±20,7	17	335	–	–	26	63	11
		2023	2250	126,3±26,9	19	305	–	–	–	89	11
	Pinus sylvestris	2020	2000	210,6±34,0	29	375	25	–	44	31	–
		2023	2125	211,2±43,6	36	455,0	–	29	–	71	–
	Betula pubescens	2020	500	135,5±57,5	40	296	–	–	100	–	–
		2023	500	136,0±36,2	42	296	–	–	100	–	–
9	Picea obovata	2023	5000	169,4±51,9	46	650	–	–	–	75	25
	Betula pubescens	2023	2750	212,7±61,8	28	700	–	–	68	–	32
	Pinus sylvestris	2023	125	47,0*	–	–	–	–	–	–	100
10	Picea obovata	2023	2500	148,0±47,8	18	450	–	–	–	90	10
*На ПП единичные экземпляры.											

*На ПП единичные экземпляры.

разных ПП варьирует от 12 до 30 видов. При этом количество видов эпифитных лишайников на ПП, расположенных в непосредственной близости от границы карьера, составляет от 10 до 15 видов, а в зоне фонового мониторинга — от 11 до 15. Наиболее обильны виды кустистых и листоватых лишайников: *Alectoria sarmentosa*, *Hypogymnia physodes*, *Melanohalea septentrionalis*, *Platismatia glauca*, *Usnea dasypoga*. Разнообразие и обилие видов внеарусной биоты стабильно и существенно не изменилось в 2023 г. ни на одной пробной площади. Места произрастания редких видов эпифитных лишайников, занесенных в Красную книгу Архангельской области [10]: *Bryoria fremontii* (Tuck.) Brodo et D. Hawksw и *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., сохраняются как в зоне фонового мониторинга (ПП № 2, 6 и 8), так и в сообществах, расположенных в непосредственной близости от границы карьера (ПП № 3–5). На ПП № 10 (зона фонового мониторинга) в 2023 г. на валеже отмечен охраняемый в Архангельской области копрофильный мох — *Tetraplodon angustatus* (Hedw.) Bruch et al.

Заключение

Леса на территории месторождения в настоящее время представлены естественными спелыми и перестойными сообществами с участием в древостоях старовозрастных деревьев ели, сосны, лиственницы. Характеристики сообществ в основном типичны для лесов северотаежного типа, развитых в карстовых ландшафтах [11].

В целом каких-либо общих тенденций, обусловленных типом сообществ или их расположением относительно границы территории освоения, в период с 2020 по 2023 гг. не выявлено. Изменения состава и структуры древостоя за период наблюдений не отмечены ни на одной из пробных площадей. Заметного увеличения количества валежа и сухостоя не зафиксировано. На большинстве пробных площадей, которые располагаются в непосредственной близости от границы карьера, произошло увеличение числен-

Таблица 3. Основные показатели структуры подроста кустарника на постоянных ПП
Table 3. Main indicators of shrub undergrowth structure on permanent sample areas

№ ПП	Вид растений	Год наблюдения	Численность, шт./га	Высота, см			Жизненное состояние, %				
				средняя	минимальная	максимальная	хорошее	среднее	низкое	сухостой	
У границы карьера											
1	Rosa acicularis	2020	7500	252±29	120	58	3	31	50	16	
		2023	4625	388±26	15	86	32	51	14	3	
	Sorbus aucuparia	2020	5000	886±150	8	380	32	42	18	8	
		2023	5125	96,0±14,7	12	377	2	37	49	12	
4	Sorbus aucuparia	2020	3625	75,2±13,5	16	210	23	60	16	1	
		2023	4125	64,22±8,9	14	220	20	64	16	0	
5	Rosa acicularis	2020	12250	44,2±5,8	10	122	55	33	9	2	
		2023	18750	45,5±7,4	9	120	50	38	8	3	
	Sorbus aucuparia	2020	750	12,8±5,9	12	45	–	50	50	–	
		2023	375	34,0±4,9	24	52	–	100	–	–	
	Salix caprea	2020	125	153,0*	–	–	100	–	–	–	
		2023	125	183,0*	–	–	100	–	–	–	
	Lonicera pallasii	2020	2500	37,9±5,2	17,9	64	–	100	–	–	
		2023	4500	36,9±5,5	10	98	22	45	22	11	
	Daphne mezereum	2020	125	32,0*	–	–	–	–	100	–	
		2023	125	65,0*	–	–	100	–	–	–	
	Rubus idaeus	2020	375	48,0±21,7	21	90	33	–	67	–	
		2023	250	113,0*			100	–	–	–	
	Ribes hispidulum	2020	750	75,2±19,1	32	153	33	–	67	–	
		2023	1500	62,8±12,0	8	120	42	25	33	–	
	7	Rosa acicularis	2020	2625	37,6±3,8	8	87	38	48	14	–
			2023	2500	52,5±8,2	6	106	65	15	–	20
Sorbus aucuparia		2020	125	153,0*	–	–	–	100	–	–	
		2023	125	158,0*	–	–	–	100	–	–	
Juniperus communis		2020	2000	78,4±7,7	42	157	–	19	81	–	
		2023	2125	75,1±10,9	26	170	24	41	35	–	
Фоновый мониторинг											
2	Rosa acicularis	2020	3500	31,5±2,5	12	64	64	36	–	–	
		2023	2875	43,8±6,5	16	79	70	30	–	–	
	Sorbus aucuparia	2020	250	82,0*	43	121	–	100	–	–	
		2023	250	71,5*	63	80	–	100	–	–	
6	Rosa acicularis	2020	6625	49,2±5,3	16	101	27	47	11	15	
		2023	6750	56,9±6,2	24	110	6	41	30	23	
	Sorbus aucuparia	2020	750	114,7±33,2	8	234	17	50	33	–	
		2023	625	147,2±21,8	68	250	–	80	20	–	
	Juniperus communis	2020	500	63,5±7,7	35	76	100	–	–	–	
		2023	500	75,8±3,0	63	86	100	–	–	–	
	Daphne mezereum	2020	250	121,0*	56	65	100	–	–	–	
		2023	375	71,3*	51	92	25	–	75	–	
	Lonicera pallasii	2020	125	45,0*	–	–	–	100	–	–	
		2023	250	35,0*	–	–	–	100	–	–	
9	Rosa acicularis	2023	4375	29,0±3,1	19	40	–	100	–	–	
	Salix caprea	2023	375	67,0±2,1	60	73	–	–	75	25	
	Sorbus aucuparia	2023	4500	65,3±16,2	7	197	33	40	22	5	
10	Rosa acicularis	2023	6750	33,2±5,3	8	85	30	60	10	–	
	Sorbus aucuparia	2023	2000	85,1±22,3	7	197	6	82	6	6	

*На ПП единичные экземпляры.

Примечание. Для ПП № 3 и № 8 различия, выявленные между показателями 2020 и 2023 гг., оказались статистически незначимыми.

Таблица 4. Изменения высоты растений травяно-кустарничкового яруса, которые характеризуются как статистически значимые
Table 4. Changes in the height of herbaceous-shrub layer plants, which are characterized as statistically significant

Вид растений	Год наблюдений	Обилие по О. Друде	Покры- тие, %	Жизнен- ность	Фено- фаза	Высота, см
ПП № 1						
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	2020	un	<1	III	~	23,6±1,84
	2023	+	<1	III	~	28,2±1,59
<i>Equisetum pratense</i>	2020	un	<1	I	Спор.	18,5±2,53
	2023	un	<1	I	Спор.	27,5±3,89
<i>E. sylvaticum</i>	2020	un	<1	I	Спор.	39,8±1,28
	2023	un	<1	I	Спор.	49,2±2,35
<i>Melampyrum pratense</i>	2020	sol	3	I	O	22,5±1,02
	2023	sol	3	I	O	17,1±0,88
<i>Solidago virgaurea</i>	2020	sp	4	I	Π	40,3±4,91
	2023	sp	4	I	Π	18,4±1,28
<i>Trientalis europaea</i>	2020	un	<1	I	#	6,6±0,53
	2023	un	<1	I	O	10,4±0,72
ПП №2						
<i>Trientalis europaea</i>	2020	sp	5	I	O	11,1±0,69
	2023	sp	3	I	O	15,9±0,81
ПП №3						
<i>Avenella flexuosa</i>	2020	rr	<1	I	#	34,4±8,82
	2023	rr	<1	I	~	10,5±0,56
<i>Carex globularis</i>	2020	cop1	3	I	#	24,9±1,21
	2023	cop1	3	I	~	29,6±1,43
ПП № 4						
<i>Avenella flexuosa</i>	2020	sol	<1	II	~	18,4±1,02
	2023	sol	<1	II	~	11,4±0,92
ПП № 5						
<i>Aconitum septentrionale</i>	2020	sp	5	I	O	108,9±9,99
	2023	sp	5	I	⊃	53,5±2,49
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	2020	sol	<1	II	~	36,4±1,49
	2023	sol	<1	II	~	62,2±3,44
<i>Delphinium elatum</i>	2020	rr	<1	I	O	156,5±7,55
	2023	rr	<1	I	⊃	63,3±1,96
<i>Viola hirta</i>	2020	sol	1	I	#	20,8±3,12
	2023	rr	<1	II	#	12,4±0,52
ПП № 6						
<i>Rubus arcticus</i>	2020	rr	<1	II	~	10,9±1,31
	2023	rr	<1	I	O	17,4±1,64
<i>R. humulifolius</i>	2020	sol	1	I	+	12,5±0,64
	2023	sol	1	I	O	19,3±1,30
<i>Trollius europaeus</i>	2020	sp	1	I	#	49,8±4,86
	2023	sp	1	I	+	66,0±3,46
ПП № 7						
<i>Melampyrum pratense</i>	2020	sp	3	I	O	23,7±0,81
	2023	sp	3	I	O	17,4±0,91
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2020	cop1	10	I	~	27,7±1,31
	2023	cop1	7	I	~	36,6±1,97
ПП № 8						
<i>Carex globularis</i>	2020	rr	+	II	~	21,1±1,21
	2023	rr	+	II	O	30,7±1,45
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	2020	cop1	5	I	O	25,2±1,62
	2023	cop1	5	I	O	41,3±2,01
<i>Ledum palustre</i>	2020	cop1	7	I	#	39,5±2,12
	2023	cop1	7	I	O	27,6±1,81
<i>Rubus chamaemorus</i>	2020	cop2	20	I	+	5,8±0,34
	2023	cop2	20	I	+	9,8±0,47
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2020	cop2	10	I	+	9,9±0,68
	2023	cop2	10	I	+	20,3±1,06
<i>V. uliginosum</i>	2020	sp	3	I	+	24,2±2,19
	2023	sp	3	I	+	30,7±1,45

ности подроста, изменение высоты и виталитета кустов подлеска. Это, видимо, связано с ростом освещенности после вырубки древостоя на месте разрабатываемого карьера и выпадением части деревьев в результате ветровала на границе леса и открытого пространства [12]. В травяно-кустарничковом ярусе на всех пробных площадях отмечены статистически значимые изменения высоты растений, которые в основном обусловлены несовпадением фенофаз. Каких-либо заметных тенденций не выявлено, исключение составляет только одна пробная площадь в зоне фонового мониторинга, где изменения в высоте растений могут свидетельствовать о снижении влажности, на этой же пробной площади отмечено существенное снижение покрытия сфагновых мхов. В целом в мохово-лишайниковом ярусе заметные изменения в видовом составе и проективном покрытии не зафиксированы. Разнообразие и обилие видов внеярусной биоты стабильно и существенно не изменилось в 2023 г. ни на одной

Пояснение к табл. 4 Explanation of the table 4	
Обилие по О. Друде	
un	Единственный экземпляр
+	Незначительное покрытие
sol	Единично
sp	Редко
rr	Чрезвычайно редко
cop1	Довольно обильно
cop2	Обильно
Жизненность	
I	Виды слабо вегетирующие, находятся в неблагоприятных условиях существования
II	Виды не цветут, только вегетируют
III	Виды проходят в данном сообществе полный нормальный цикл развития
Фенофаза	
~	Вегетация после цветения и высыпания семян
спор.	Спороношение
O	Растение находится в полном цвету
Π	Растение находится в фазе отцветания
#	Семена или плоды, созрели и высыпаются
⊃	Растение находится в фазе зацветания
+	Растение уже отцвело, но семена еще не созрели и не высыпаются

из пробных площадей. Как в зоне фонового мониторинга, так и в непосредственной близости от границы карьера сохраняется разнообразие эпи-

фитных лишайников, в том числе редких, занесенных в региональную Красную книгу.

В настоящее время все лесные фитоценозы, в которых вы-

полнялись исследования, следует охарактеризовать как естественные, слабо трансформированные или не затронутые деятельностью человека.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН "Научные основы и социокультурные факторы сохранения и использования потенциала биологического разнообразия на Европейском Севере и в Арктике" (регистрационный номер — 122011400382-8).

The research was carried out within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Academy of Sciences "Scientific foundations and socio-cultural factors of conservation and use of the potential of biological diversity in the European North and in the Arctic" (registration number — 122011400382-8).

Литература

1. Рубцова Т.А., Горелов В.А. Влияние горнодобывающей промышленности на растительный покров Еврейской автономной области. Региональные проблемы. 2019. Т. 22. № 3. С. 50–57. DOI: 10.31433/2618-9593-2019-22-3-50-57.
2. Бузмаков С.А. Техногенез и трансформация природной среды в карстовом районе при добыче нефти. Сб. тр. VIII Междунар. научно-практ. конф. "Экологические проблемы. Взгляд в будущее". 2017. С. 51–55.
3. Бузмаков С.А., Хотяновская Ю.В., Андреев Д.Н., Егорова Д.О., Назаров А.В. Индикация состояния экосистем в условиях нефтепромыслового техногенеза. Географический вестник = Geographical bulletin. 2018. № 4(47). С. 90–102. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-90-102.
4. Шулаев Н.С., Прыничникова В.В., Быковский Н.А., Кадиров Р.Р. Изучение воздействия нефтяного загрязнения почв на развитие высших растений на примере рогоза широколистного. Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 193–197. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35813> (дата обращения: 23.05.2024).
5. Никифоров А.А., Миронова С.И. Техногенная трансформация растительности на территории Айхальского горно-обогатительного комбината (Западная Якутия). Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17. № 1. С. 14–20. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.14.
6. Шварцман Ю.Г., Малков А.С. Геоэкологические аспекты влияния освоения месторождения гипса "Глубокое" на атмосферу. Вестник САФУ. Естественные науки. 2014. № 1. С. 41–46.
7. Методы изучения лесных сообществ. СПб., НИИ-Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
8. Надоховская Г.А., Шепелева Л.Ф. Организация долгосрочного локального мониторинга растительного покрова территории газовых и газоконденсатных месторождений Западной Сибири. Krylovia. 2000. Т. 2. № 1. С. 123–128.
9. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М., ФИЗ-МАТЛИТ, 2006. 816 с.
10. Красная книга Архангельской области. Архангельск, САФУ, 2020. 478 с.
11. Браславская Т.Ю., Горячкин С.В., Кутенков С.А. и др. Флора и растительность Беломорско-Кулойского плато. Архангельск, САФУ, 2017. 280 с.
12. Genikova N., Mamontov V. Microhabitat Conditions Influencing Ground Vegetation Dominants in an Ecotone between a Spruce (Picea abies (L.) H.Karst.) Forest and Clear-Cut Site during Ten Post-Logging Years. Forests. 2023. Vol. 14. No. 11. 2125. <https://doi.org/10.3390/f14112125>.

References

1. Rubtsova T.A., Gorelov V.A. Vliyanie gornodobyvayushchei promyshlennosti na rastitel'nyi pokrov Evreiskoi avtonomnoi oblasti. Regional'nye problemy. 2019. T. 22. № 3. S. 50–57. DOI: 10.31433/2618-9593-2019-22-3-50-57.
2. Buzmakov S.A. Tekhnogenez i transformatsiya prirodnai sredy v karstovom raione pri dobyche nefii. Sb. tr. VIII Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. "Ekologicheskie problemy. Vzglyad v budushchee". 2017. S. 51–55.
3. Buzmakov S.A., Khotyanovskaya Yu.V., Andreev D.N., Egorova D.O., Nazarov A.V. Indikatsiya sostoyaniya ekosistem v usloviyakh neftepromyslovogo tekhnogeneza. Geograficheskii vestnik = Geographical bulletin. 2018. № 4(47). S. 90–102. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-90-102.
4. Shulaev N.S., Pryanichnikova V.V., Bykovskii N.A., Kadyrov R.R. Izuchenie vozdeistviya neftyanogo zagryazneniya pochv na razvitiye vysshikh rastenii na primere rogoza shirokolistnogo. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. № 2. S. 193–197. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35813> (data obrashcheniya: 23.05.2024).
5. Nikiforov A.A., Mironova S.I. Tekhnogennaya transformatsiya rastitel'nosti na territorii Aikhal'skogo gorno-obogatitel'nogo kombinata (Zapadnaya Yakutiya). Arctic Environmental Research. 2017. T. 17. № 1. S. 14–20. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.1.14.
6. Shvartsman Yu.G., Malkov A.S. Geoekologicheskie aspekty vliyaniya osvoeniya mestorozhdeniya gipsa "Glubokoe" na atmosferu. Vestnik SAFU. Estestvennyye nauki. 2014. № 1. S. 41–46.
7. Metody izucheniya lesnykh soobshchestv. SPb., NI-IXhimii SPbGU, 2002. 240 s.
8. Nadokhovskaya G.A., Shepeleva L.F. Organizatsiya dolsrochnogo lokal'nogo monitoringa rastitel'nogo pokrova territorii gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii Zapadnoi Sibiri. Krylovia. 2000. T. 2. № 1. S. 123–128.
9. Kobzar' A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov. M., FIZ-MATLIT, 2006. 816 s.
10. Krasnaya kniga Arkhangel'skoi oblasti. Arkhangel'sk, SAFU, 2020. 478 s.
11. Braslavskaya T.Yu., Goryachkin S.V., Kutenkov S.A. i dr. Flora i rastitel'nost' Belomorsk-Kuloi'skogo plato. Arkhangel'sk, SAFU, 2017. 280 s.
12. Genikova N., Mamontov V. Microhabitat Conditions Influencing Ground Vegetation Dominants in an Ecotone between a Spruce (Picea abies (L.) H.Karst.) Forest and Clear-Cut Site during Ten Post-Logging Years. Forests. 2023. Vol. 14. No. 11. 2125. <https://doi.org/10.3390/f14112125>.

В.А. Наход – аспирант, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова, Уральское отделение Российской академии наук (ФИЦКИА УрО РАН), e-mail: Nakhod.Vitaliy@knauf.ru • А.И. Малов – д-р геол.-минерал. наук, директор, Институт геодинамики и геологии ФИЦКИА УрО РАН, e-mail: malovai@yandex.ru • Е.Ю. Чуракова – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, ФИЦКИА УрО РАН, e-mail: alex0000001@yandex.ru • О.В. Сидорова – канд. биол. наук, доцент, Северный Арктический федеральный университет (САФУ) имени М.В. Ломоносова, e-mail: ovsidorova@yandex.ru

V.A. Nakhod – Post-graduate Student, Federal Research Center for Integrated Arctic Studies named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (FRCIAS UB RAS), e-mail: Nakhod.Vitaliy@knauf.ru • A.I. Malov – Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Director, Institute of Geodynamics and Geology, FRCIAS UB RAS, e-mail: malovai@yandex.ru • E.Yu. Churakova – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow, FRCIAS UB RAS, e-mail: alex0000001@yandex.ru • O.V. Sidorova – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Northern Arctic Federal University (NAFU) named after M.V. Lomonosov, e-mail: ovsidorova@yandex.ru