

КИРИЛЛОВА
Елена Владимировна

магистратура, Петрозаводский государственный университет
(Петрозаводск, Россия),
lenakirillovaaa@gmail.com

СОСТОЯНИЕ ЭПИФИТНОГО ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО КАРЬЕРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДИАБАЗОВ «СУНА»

Научный руководитель:

Сонина Анжелла Валерьевна

Рецензент:

Марковская Евгения Федоровна

Статья поступила: 03.11.2023;

Принята к публикации: 29.11.2023;

Размещена в сети: 01.12.2023.

Аннотация. Методом пробных площадей исследован эпифитный лишайниковый покров в непосредственной близости от горнодобывающего предприятия. В условиях загрязнения выявлено 25 % от известного общего видового разнообразия эпифитов сосны для южной Карелии. Общие характеристики лишайникового покрова не изменяются в зависимости от параметров дерева и состояния сообщества. Покрытие накипного лишайника *Nurosenomusce scalaris* значимо выше на южной экспозиции, обращенной к предприятию. Среди доминантов в эпифитном покрове встречаются виды устойчивые к загрязнению *Parmeliopsis ambigua* и *Micarea melaena*.

Ключевые слова: эпифитный лишайниковый покров, горнодобывающая промышленность, *Nurosenomusce scalaris*, *Parmeliopsis ambigua*, *Micarea melaena*

Для цитирования: Кириллова Е. В. Состояние эпифитного лишайникового покрова в районе действующего карьера месторождения диабазов «Суна» // StudArctic Forum. 2023. Т. 8, № 4. С. 31–38.

Введение

В Республике Карелии по состоянию на 2022 год горнопромышленный комплекс составляет большую часть отраслевой структуры валовой добавленной стоимости республики (16.8 %) и обеспечивает 40 % доходов республики. При этом предприятия горнопромышленного комплекса оказывают сильное антропогенное воздействие на природные экосистемы, изменяя природный ландшафт, загрязняя воздушную и водную среды. На сегодняшний день в республике отсутствует комплексный мониторинг динамики состояния природных экосистем вблизи горнопромышленных предприятий.

Одним из наиболее чувствительных и уязвимых компонентов наземной биоты к загрязнению воздушной среды является эпифитный лишайниковый покров. Цель настоящего исследования – оценить воздействие предприятия по добыче и переработке диабазов на состояние эпифитного лишайникового покрова в естественных растительных сообществах вблизи объекта.

Район проведения исследования

Исследование проведено в течение 2022–2023 годов в Кондопожском районе Республики Карелии, на территории, прилегающей к крупному горнопромышленному предприятию. Предприятие состоит из карьера по добыче диабазов (буровзрывным способом)

на месторождении «Суна» (62°09' 50" с.ш.; 34°10' 27" в.д.) и промышленной площадки, на которой производится переработка горной массы на дробильно-сортировочных установках. Основным видом деятельности компании является производство и реализация щебня. Предприятие введено в эксплуатацию в 2014 году. В 2.5 км к северу от участка недр месторождения «Суна» разрабатывается Восозерское месторождение диабазов (сырье для производства щебня), а в 8.5 км – Хавчозерское месторождение пироксеновых порфиритов (сырье для каменного литья).

Структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферу характеризуется следующим образом: 74 % – твердые вещества и 26 % – газообразные и жидкие. Основным загрязняющим веществом является неорганическая пыль с содержанием SiO_2 70–20 %. Ежегодно предприятие выбрасывает в атмосферный воздух около 67 тонн пыли. Также загрязняющими веществами, вносящими большой вклад в загрязнение атмосферы, являются оксид азота (NO), диоксид азота (NO_2), оксид углерода (CO) и диоксид серы (SO_2), выделяющиеся при работе карьерной техники.

Материалы и методы исследования

В качестве основного метода исследования выбран метод пробных площадей (ПП). Пробные площади закладывали на различном удалении от основных источников загрязнения окружающей среды (горный отвод, отвал вскрышных пород, дробильно-сортировочные заводы) перпендикулярно розе ветров в связи с доступностью. ПП удалены от карьера на расстояние 25–510 м.

Также при выборе местоположения ПП была использована карта рассеивания загрязняющих веществ (рис. 1), построенная на основании результатов расчета количества загрязняющих веществ от источников предприятия с использованием функциональных возможностей унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» (Группа компаний «Интеграл»). Данная карта рассеивания отражает распределение выбросов всех загрязняющих веществ при одновременной работе всего оборудования предприятия (максимально-разовый выброс). Изолинии соответствуют значениям выбросов в долях ПДК. Нельзя утверждать, что полученные результаты полностью соответствуют действительному рассеиванию веществ вокруг предприятия. Используемые методики для расчета выбросов загрязняющих веществ не позволяют достоверно учесть выбросы: в методиках приведены удельные показатели для устаревших образцов техники. Кроме того, из-за изменения природного ландшафта (вырубка леса, работа в карьерном поле, создание отвала вскрышных пород) возможно несоответствие природной розы ветров и розы ветров в районе проведения исследования.

В пределах каждой пробной площади определяли тип сообщества, видовой состав сообщества, произведена оценка сомкнутости крон древостоя и суммы поперечных сечений древостоя. Для определения суммы площадей поперечных сечений был использован полнотомер Биттерлиха.

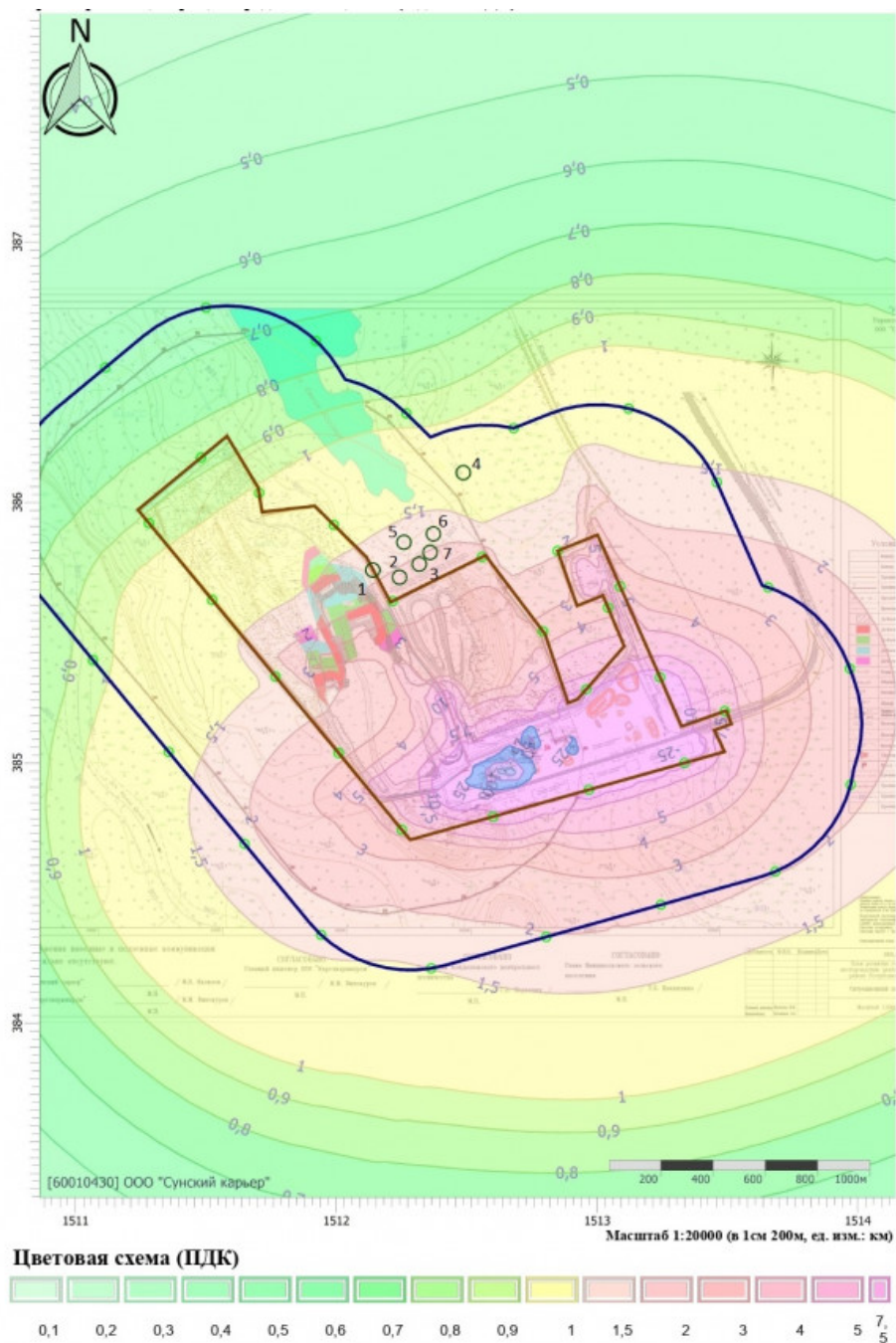


Рис. 1. Карта рассеивания загрязняющих веществ

Всего было заложено 7 ПП размерами 20x20 м и 40x10 м (рис. 2). Экспозиция сторон ПП соответствуют сторонам света. На каждой ПП было выбрано 10 деревьев (11 деревьев для ПП № 2) для последующего описания лишайникового покрова. На ПП встречаются деревья, имеющие послепожарные шрамы на южной экспозиции ствола. ПП 4 наиболее удалена от карьера, поэтому расценивалась как гипотетически контрольная, предположительно находящаяся в фоновом районе.

Проективное покрытие определяли с северной и южной экспозиции, у основания ствола и на высоте 1.3 м. Всего сделали 284 описания эпифитного лишайникового покрова. Определение видов лишайников выполнено по стандартным лихенологическим методикам с использованием оптики, набора реактивов и определителей на базе кафедры ботаники и физиологии растений ПетрГУ. Статистическая обработка включала использование кластерного, корреляционного и дисперсионного анализов в программах MS Excel, R, Past.



Рис. 2. Расположение пробных площадей

Обсуждение результатов исследования

На общей площади обследования 0.28 га, в пределах 5.68 м² на стволах сосны выявлено 30 видов эпифитных лишайников, принадлежащих к 16 родам, 11 семействам, 6 порядкам. По литературным данным [Тарасова, 2017 : 15] в формировании эпифитного лишайникового покрова сосны в среднетаёжных сосновых лесах Республики Карелии принимают участие 110 видов. Таким образом, рядом с горнодобывающим предприятием выявлено около 25 % потенциального биоразнообразия лишайников.

В составе выявленной лишенофлоры преобладают лишайники накипной жизненной формы (15 видов), составляющие 50% от общего числа видов и листоватые лишайники (13 видов) – 43 %. Доля кустистых лишайников, являющихся наиболее чувствительными к загрязнению, составляет всего 7 % (2 вида). В литературных данных для среднетаёжных лесов Карелии доля кустистых лишайников составляет от 21% [Тарасова, 2021 : 38] до 37 % [Тарасова, 2017 : 15].

На стволах сосны доминируют с долей участия более 1% двадцать видов лишайников, с долей участия более 10 % – девять видов: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (доля участия – 62.67 %), *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl. (47.18 %), *Parmeliopsis hyperopta* (Ach.) Arnold (40.49 %), *Lepraria spp* (40.14 %), *Cladonia spp* (27.46 %), *Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy (27.11 %), *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng. (18.66 %), *Micarea melaena* (Nyl.) Hedl. (11.62 %), *Lepraria incana* (L.) Ach. (11.27 %). Данные виды являются обычными для Северо-Запада России и Фенноскандии. Среди доминирующих в эпифитном покрове видов *Parmeliopsis ambigua* и *Micarea melaena*, относятся к группе устойчивых к загрязнению [Тарасова и др., 2012 : 198].

Наиболее часто встречающимся видом является *Hypogymnia physodes*. При этом в 53 % описаний талломы имели некрозы в виде тёмных пятен. Также некрозы отмечены и у кустистых видов *Usnea dasypoga* (Ach.) Nyl. и *Bryoria furcellata* (Fr.) Brodo & D. Hawksw, которые являются очень чувствительными к загрязнению [Тарасова, 2012 : 198].

В ходе анализа эпифитного лишайникового покрова установлено, что наибольшее видовое разнообразие лишайников отмечено на ПП 1, ПП 3 и ПП 6 (табл. 1).

Общие характеристики лишайникового покрова на пробных площадях

	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4	ПП 5	ПП 6	ПП 7
Число видов на ПП	20	16	20	13	15	18	14
Общее среднее проективное покрытие лишайников, %	21.66	11.91	26.07	15.57	19.43	25.67	24.29

Общее среднее покрытие лишайников больше на ПП 3 и ПП 6. Следует обратить внимание, что на ПП 4, которая закладывалась как гипотетически контрольная, зарегистрировано наименьшее число видов лишайников и одно из низких значений суммарного покрытия. Возможно, это связано с тем, что на расстоянии 5 м от ПП 4 находится вырубка (2018–2019 годы), а на расстоянии 30 м – просека шириной 5 м (2014 год), что может являться причиной изменения потока воздушных масс и переноса загрязняющих веществ.

Для сравнения видового разнообразия и проективного покрытия лишайникового покрова на ПП использовался кластерный анализ на основе индекса сходства Жаккара (рис. 3).

В результате кластерного анализа выделены три группы:

1 группа: ПП 6, имеющая самое низкое значение сходства по числу видов и видовому разнообразию со всеми другими ПП (индекс сходства 0.5);

2 группа: ПП 4 и ПП 7;

3 группа: ПП 1 и ПП 2, ПП 3 и ПП 5. Наибольшим сходством обладают ПП 5 и ПП 3 (индекс сходства 0.75).

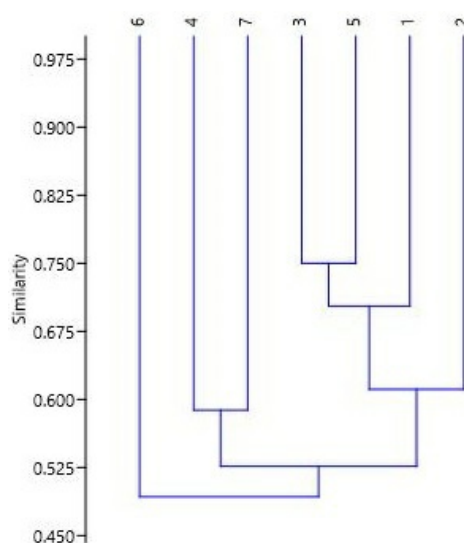


Рис. 3. Результаты кластерного анализа с использованием индекса Жаккара

Распределение кластеров не соответствует розе ветров. Возможно, это связано с тем, что роза ветров рядом с предприятием отличается от естественной розы ветров из-за изменения природного ландшафта. Причинами низкого сходства видового разнообразия ПП 6 и других пробных площадей могут являться особенности географического положения этого участка. Данная пробная площадь расположена рядом с заболоченной низиной, на склоне северо-западной экспозиции, что создаёт благоприятный микроклимат для распространения лишайников.

Пробные площади расположены на удалении 25–510 м от карьера. При анализе состояния лишайникового покрова не выявлено значимых связей в его изменении в

зависимости от этого расстояния. Это позволяет предположить, что все пробные площади расположены в одной зоне загрязнения, и что на расстоянии 500 м от предприятия оно оказывает такое же воздействие на лишайниковый покров, как в непосредственной близости к нему.

Корреляционный анализ не выявил связи между общими характеристиками лишайникового покрова на дереве (общее проективное покрытие лишайников и число видов на дереве), диаметром дерева (варьирует от 17 до 64 см) и сомкнутостью крон древостоя (варьирует от 40 % до 60 %). Величина достоверности аппроксимации между сомкнутостью крон древостоя и числом видов на ПП $R^2 = 0.33$. Величина достоверности аппроксимации между сомкнутостью крон древостоя и общим проективным покрытием лишайников на ПП $R^2 = 0.02$.

Для поиска связей между высотой по стволу и экспозицией учётной площадки и общими характеристиками лишайникового покрова был выполнен дисперсионный анализ в среде R (распределение данных ненормальное, использован тест Уилсона). Не выявлены значимые связи между общим средним покрытием лишайников на учётной площадке, высотой её расположения на стволе ($p = 0.27$), экспозицией учётной площадки ($p = 0.21$); между числом видов на учётной площадке, высотой расположения учётной площадки ($p = 0.33$) и экспозицией учётной площадки ($p = 0.19$).

В литературе отмечается, что общее проективное покрытие эпифитных лишайников сосны с северной стороны дерева обычно больше, чем с южной стороны. Также на высоте 1.3 м общее проективное покрытие лишайников гораздо меньше, чем у основания ствола [Тарасова, 2017 : 18]; [Тарханов : 42]. Несоответствие полученных результатов литературным данным может быть связано с высоким уровнем запылённости в районе проведения исследования.

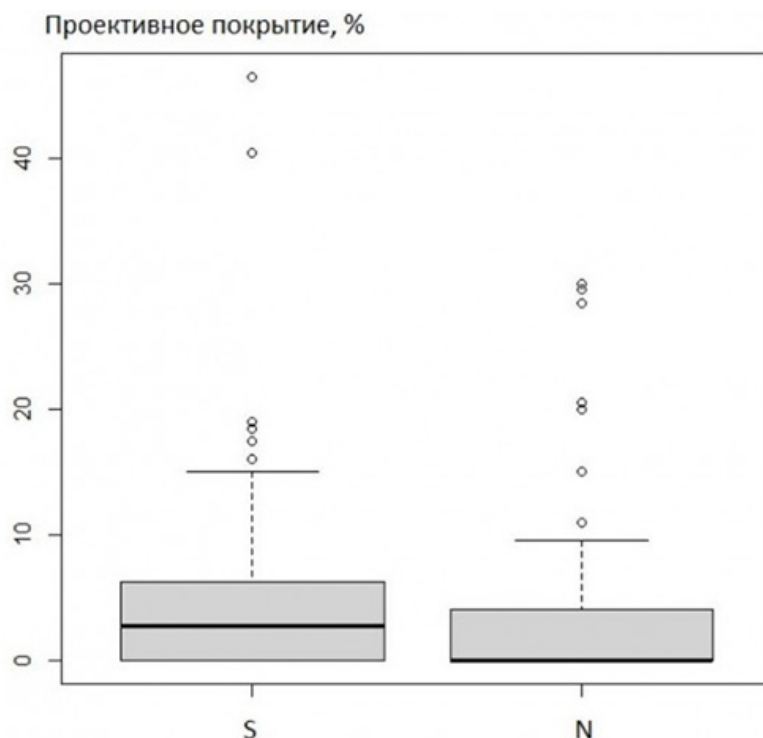


Рис. 4. Проективное покрытие вида *Hypocenomyce scalaris* в зависимости от экспозиции учётной площадки

Значимая связь ($p = 0.03$) между экспозицией ствола и проективным покрытием выявлена только для *Hypocenomyce scalaris* (рис. 4). Этот вид значимо чаще встречается на

южной экспозиции, обращённой к предприятию. Также на южной экспозиции на стволах деревьев отмечены послепожарные шрамы. *Hypocenomyce scalaris* является видом, устойчивым к запылению и загрязнению атмосферы тяжёлыми металлами, а также одним из первых заселяет горевшую кору. Этот вид характерен для территории зарастающих карьеров и часто встречается на коре деревьев с низким рН, вызванным загрязнением воздуха [Marmor : 28].

Выводы

В условиях загрязнения рядом с карьером эпифитный лишайниковый покров сосны составляет 25 % от известного видового разнообразия эпифитов сосны для южной Карелии.

Общие характеристики лишайникового покрова: среднее общее проективное покрытие и число видов в описании – в условиях загрязнения не изменяются в зависимости от параметров дерева и состояния сообщества.

Среди анализируемых характеристик эпифитного лишайникового покрова проективное покрытие одного вида *Hypocenomyce scalaris* реагирует на экспозицию: значимо выше на южной экспозиции, обращённой к предприятию. Вид является устойчивым к пылевому загрязнению воздушной среды.

На основании оценки эпифитного лишайникового покрова состояние территории, окружающей карьер, можно оценить как умеренно загрязнённое в настоящий момент. Можно предположить, что до начала производственной деятельности доля кустистых видов на территории проведения исследования была выше, но за 9 лет работы предприятия из-за сильной запылённости в районе проведения исследования очень чувствительные виды практически исчезли из эпифитного лишайникового покрова. На многих талломах листоватых видов лишайников отмечены некрозы. На основании этого можно предсказать дальнейшую деградацию и изменение эпифитного лишайникового покрова: увеличение видового разнообразия и проективного покрытия накипных видов лишайников, устойчивых к загрязнению и уменьшение доли чувствительных видов.

Для выявления дальности переноса загрязняющих веществ, прежде всего пылевых частиц, при деятельности предприятия и диапазона его воздействия на окружающие экосистемы, целесообразно закладывать пробные площади на большем расстоянии от карьера и в разных направлениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Тарасова В.Н. Структура и динамика эпифитного мохово-лишайникового покрова в среднетаежных лесах Северо-Запада Европейской части России: автореф... дис. кан. б. наук. Санкт-Петербург, 2017. 46 с.

Тарасова В.Н. Лишайники: учебное пособие: В 2 ч. Ч. 2. Физиология, экология, лишеноиндикация / В.Н. Тарасова, В.И. Андросова, А.В. Сони́на. Петрозаводск: ПетрГУ, 2012. 268 с.

Тарасова В.Н. Лишайники национального парка «Водлозерский» (Россия) / В.Н. Тарасова, В.И. Андросова, А.В. Сони́на // Заповедная наука. 2021. Т. 6, № S1. С. 32–46.

Тарханов С.Н. Влияние аэротехногенного загрязнения на покрытие стволов деревьев эпифитными лишайниками в лесных насаждениях Северо-Двинского бассейна и Беломорско-Кулойского плато // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 1. С. 37–47.

Marmor L. Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn / L. Marmor, T.E. Randlane // Folia Cryptogamica Estonica. 2007. № 43. P. 23–37.

Elena V. KIRILLOVA

master's degree, Petrozavodsk State University
(Petrozavodsk, Russia),
lenakirillovaa@gmail.com

THE EPIPHYTIC LICHEN COVER IN THE VICINITY OF THE EXISTING SUNA DIABASE DEPOSIT QUARRY

Scientific adviser:

Anzhella V. Sonina

Reviewer:

Evgenia F. Markovskaya

Paper submitted on: 11/03/2023;

Accepted on: 11/29/2023;

Published online on: 12/01/2023.

Abstract. A study was conducted using the sample area method to examine the epiphytic lichen cover in the immediate vicinity of a mining plant. The findings revealed that under the pollution conditions, 25% of the known total species diversity of pine epiphytes for southern Karelia were present. It was observed that the general characteristics of the lichen cover remained unchanged regardless of tree parameters and community condition. However, the cover of the scaly lichen *Hypocnomyce scalaris* was significantly higher on the southern exposure facing the plant. Additionally, among the dominant species in the epiphytic cover there were identified such species as *Parmeliopsis ambigua* and *Micarea melaena*, which displayed resistance to pollution.

Keywords: epiphytic lichen cover, mining industry, *Hypocnomyce scalaris*, *Parmeliopsis ambigua*, *Micarea melaena*

For citation: Kirillova, E. V. The Epiphytic Lichen Cover in the Vicinity of the Existing Suna Diabase Deposit Quarry. *StudArctic Forum*. 2023, 8 (4): 31–38.

REFERENCES

Tarasova V.N. *Structure and dynamics of epiphytic moss-lichen cover in medium taiga forests of the north-west of the European part of Russia. Extended abstract of Candidate's thesis (Biology)*. St. Petersburg, 2017, 46 p. (In Russ.)

Tarasova V.N., Androsova V.I., et al. *Lichens: textbook: In 2 parts. Part 2: Physiology, ecology, lichen indication*. Petrozavodsk, Petrozavodsk State University, 2012, 268 p. (In Russ.)

Tarasova V.N., Androsova V.I., et al. Lichens of the National Park "Vodlozersky", Russia. *Nature Conservation Research*, 2021, Vol. 6, No. S1, pp. 32-46. (In Russ.)

Tarkhanov S.N. Influence of aerotechnogenic pollution on the tree trunks coverage by epiphytic lichens in the forest plantations of the Northern Dvina basin and the White Sea-Kuloi plateau. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Russian Forestry Journal*, 2016, No. 1, pp. 37-47. (In Russ.)

Marmor L., Randlane T.E. Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn. *Folia Cryptogamica Estonica*, 2007, No. 43, pp. 23-37. (In Russ.)