

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

BIOLOGICAL RESOURCES

DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-1-115-126

EDN: IOFXYJ

УДК 581.6

Научная статья / Research article

Структура древесного яруса лесных сообществ центральной части Кольского полуострова, формируемая при снижении аэротехногенной эмиссии

А.С. Евдокимов¹  , В.Т. Ярмишко²¹Российский государственный педагогический университет им А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, Российская Федерация²Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской Академии наук,
Санкт-Петербург, Российская Федерация evdokimov89@gmail.com

Аннотация. Дается обзор на основной компонент лесных экосистем Северной Европы – древесный ярус, сформированный видом сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Изученные сообщества расположены в непосредственной близости от крупнейшего комбината в Европе – ОАО «Североникель» (г. Мончегорск, Мурманская обл.). К основным поллютантам относятся полиметаллическая пыль, содержащая в своем составе такие элементы, как Cu, Ni и Co, которые являются побочными продуктами переработки и выплавки цветных руд, и сернистый ангидрид – SO₂, образующийся при первичной переработке руд, так называемом «обжиге». Первые постоянные пробные площади (ППП) в данном регионе были заложены в начале 1970-х гг. И в дальнейшем сотрудниками Лаборатории экологии растительных сообществ Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН проводится постоянный мониторинг экологического состояния территорий, подверженных воздействию данных загрязнителей. Начиная со второй половины 90-х гг. XX в. комбинат существенно снизил количество выбросов аэротехногенного характера, о чем свидетельствуют данные, отмеченные некоторыми исследователями в то время. Кумулятивный характер накопления (и высвобождения) полиметаллической пыли привел к тому, что снижение рудоперерабатывающим комбинатом своих

© Евдокимов А.С., Ярмишко В.Т., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

мощностей позволило концентрации металлов, содержащихся в почве и органах растений, по прошествии некоторого времени снизиться до определенного уровня. Представлены материалы, полученные в ходе полевых исследований в 2015–2018 гг.

Ключевые слова: сосновые леса, аэротехногенное загрязнение, виталитетная структура древостоя, северная тайга, Кольский полуостров

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

История статьи: поступила в редакцию 20.09.2022; доработана после рецензирования 20.12.2022; принята к публикации 20.01.2023.

Для цитирования: Евдокимов А.С., Ярмишко В.Т. Структура древесного яруса лесных сообществ центральной части Кольского полуострова, формируемая при снижении аэротехногенной эмиссии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 1. С. 115–126. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-115-126>

The tree layer structure of forest communities of the Kola Peninsula central part formed when aerotechnogenic emissions reduced

Alexander S. Evdokimov¹  , Vasily T. Yarmishko²

¹Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russian Federation

²Komarov Botanical Institute of Russian Academy of Sciences,
Saint Petersburg, Russian Federation

evdokimov89@gmail.com

Abstract. This research provides an overview of the main component of forest ecosystems in northern Europe, the tree layer formed by the Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) species. The studied communities are located in the immediate vicinity of the largest plant in Europe, OAO Severonickel (Monchegorsk, Murmansk region). The main pollutants are polymetallic dust containing elements such as Cu, Ni and Co (which are by-products of processing and smelting non-ferrous ores) and sulfur dioxide – SO₂ (which is formed during the primary processing of ores, the so-called “roasting”). The first permanent trial plots (PPP) in this region were established in the early 1970s. Since the second half of the 1990s, the plant has significantly reduced the amount of aerotechnogenic emissions, as evidenced by the data noted by some researchers at that time. The cumulative nature of the accumulation (and release) of polymetallic dust led to the fact that, starting from the time the ore processing plant reduced its capacity, the concentration of metals contained in the soil and plant organs decreased to a certain level. We present the materials obtained in the course of field research in 2015–2018.

Keywords: pine forests, aerial anthropogenic pollution, vitality structure of the stand, northern taiga, Kola Peninsula

Authors' contributions: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Article history: received 20.09.2022; revised 20.12.2022; accepted 20.01.2023.

For citation: Evdokimov AS, Yarmishko VT. The tree layer structure of forest communities of the Kola Peninsula central part formed when aerotechnogenic emissions reduced. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(1):115–126. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-115-126>

Заселение данного региона сосной обыкновенной произошло после схода ледника примерно 11,7 тыс. лет назад. Основные площади распространения вида расположены в Фенноскандии, на севере европейской и центральной части России и на востоке Центральной Европы. Распространение по большей части ограничивается другими, более теневыносливыми видами деревьев; формирование лесных массивов с преобладанием сосны обыкновенной может происходить только за пределами лесных сообществ с доминированием сциофитных видов в древесном ярусе (так называемая «темнохвойная тайга»). Однако, учитывая широкое распространение вида в резко различающихся по климатическим и лесорастительным условиям, можно говорить о низкой требовательности и возможности существования в широком диапазоне экологических факторов [1–3].

Сосна обыкновенная является основной лесообразующей породой на севере европейской части России (наряду с некоторыми другими видами) и формирует весьма внушительные лесные массивы на Европейском Севере (данный вид образует до половины всех облесенных площадей региона). Следует отметить, что таежные сообщества данного региона сформированы другой хвойной породой, а именно елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и елью европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.) – в меньшей степени. Изучение видов, входящих в состав древесного яруса, позволяет рассматривать различные аэротехногенные воздействия на протяжении длительного промежутка времени (в течение жизни каждой отдельной особи и ее частичном суммировании для всего сообщества целиком). В целом Мурманская область – промышленно развитый регион, на территории которого расположены крупнейшие предприятия по добыче, обогащению и выплавке черных и цветных металлов (ОАО «Североникель», ОАО «Печенганикель» – дочерние предприятия ОАО «Кольская ГМК»; АО «Апатит» – дочернее предприятие ОАО «ФосАрго» и т. д.), ведущие свою деятельность с 20–30-х гг. XX в. Параллельно с деятельностью промышленных объектов ведутся исследования по оценке влияния отходов производства на растительные сообщества, наибольшая активность которых пришлась на 1960–1970-е гг. [4–6]. Примерно в это время начинается активная работа сотрудников Лаборатории экологии растительных сообществ по экологической оценке и мониторингу растительных сообществ, находящихся в зоне воздействия аэротехногенных поллютантов. В это же время были успешно апробированы методы оценки лесных сообществ применительно к конкретным условиям (северная тайга, аэротехногенное загрязнение). Также были выделены границы импактной и буферной зон, выявлены некоторые базовые закономерности формирования растительных сообществ, находящихся под постоянным воздействием промышленных

загрязнителей (индекс жизненного состояния, видовой состав напочвенных ярусов и т. д.) (рис. 1–3).

Цель работы – сравнительная оценка временных рядов виталитетной структуры древесного яруса в сосняках, произраставших в зоне действия аэротехногенных поллютантов комбината ОАО «Североникель».

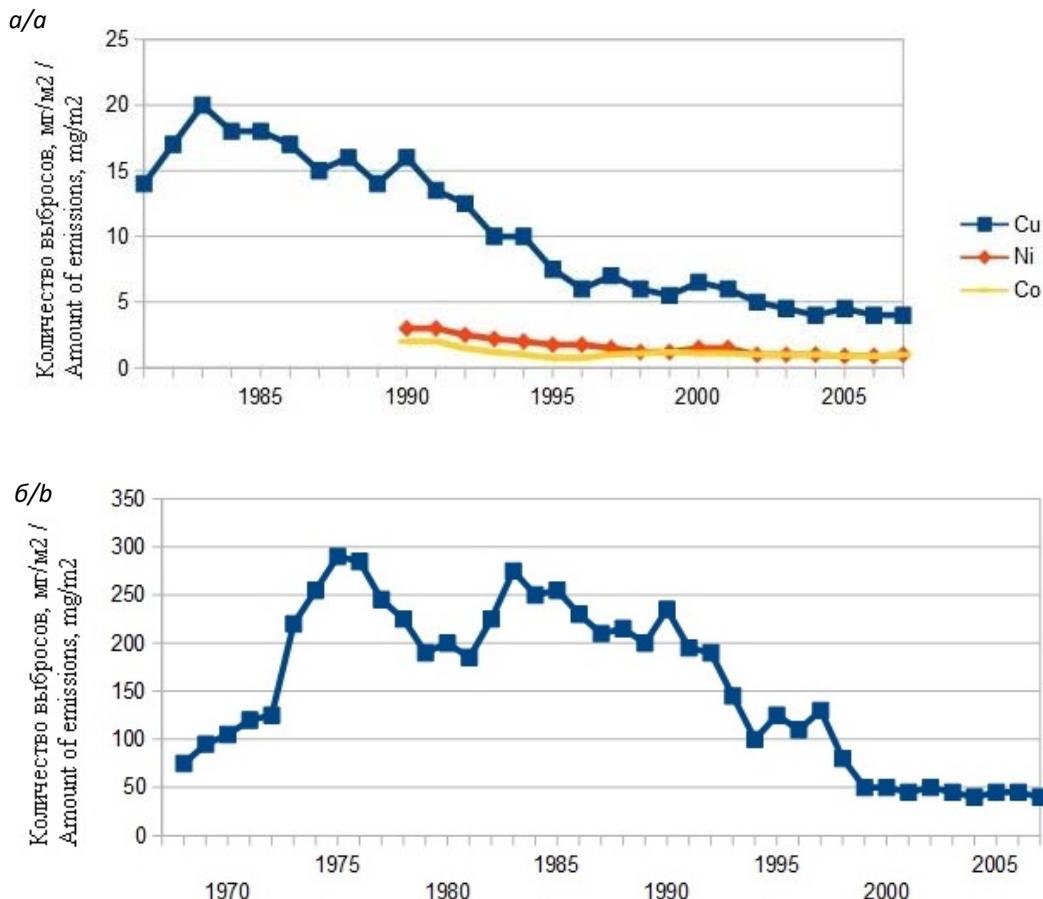


Рис. 1. Динамика атмосферной эмиссии тяжелых металлов (а) и сернистого ангидрида (б) предприятия «Североникель» в 1970–2005 гг. (по [1]) /
 Figure 1. Dynamics of atmospheric emission of heavy metals (a) and sulfur dioxide (b) of the Severonickel enterprise, 1970–2005 [1]

Объект и методы исследований

Исследования проводились на материале, собранном в период с 2015 по 2018 г. в ходе полевых экспедиций в Мончегорский район Мурманской области. Объектом исследования являются сосняки лишайниково-зеленомошные, возраст которых – 60–80 лет (средневозрастные сосняки, V^a и V^b классы бонитета). В зависимости от удаления от источника загрязнения, как было указано ранее, выделены две зоны в зависимости от уровня загрязнения и уровня нарушенности: импактная (10–15 км) и буферная (25–35 км). Именно такая градиация обусловлена ярко выраженными изменениями

в условиях (и, соответственно, характером растительности) данных территорий. На сегодняшний день наиболее наглядно это различие можно продемонстрировать, используя «индекс техногенной нагрузки» (отношение реального содержания конкретных поллютантов (в данном случае рассматривается суммарное значение меди, никеля и кобальта) данной территории к содержанию этих же веществ в фоновом районе (не подверженном воздействию промышленных выбросов)). Для буферной зоны данный показатель составляет от 10 до 15 (то есть превышение тяжелых металлов в сравнении с нормой составляет 10–15 раз), а для импактной зоны – 80 и более.

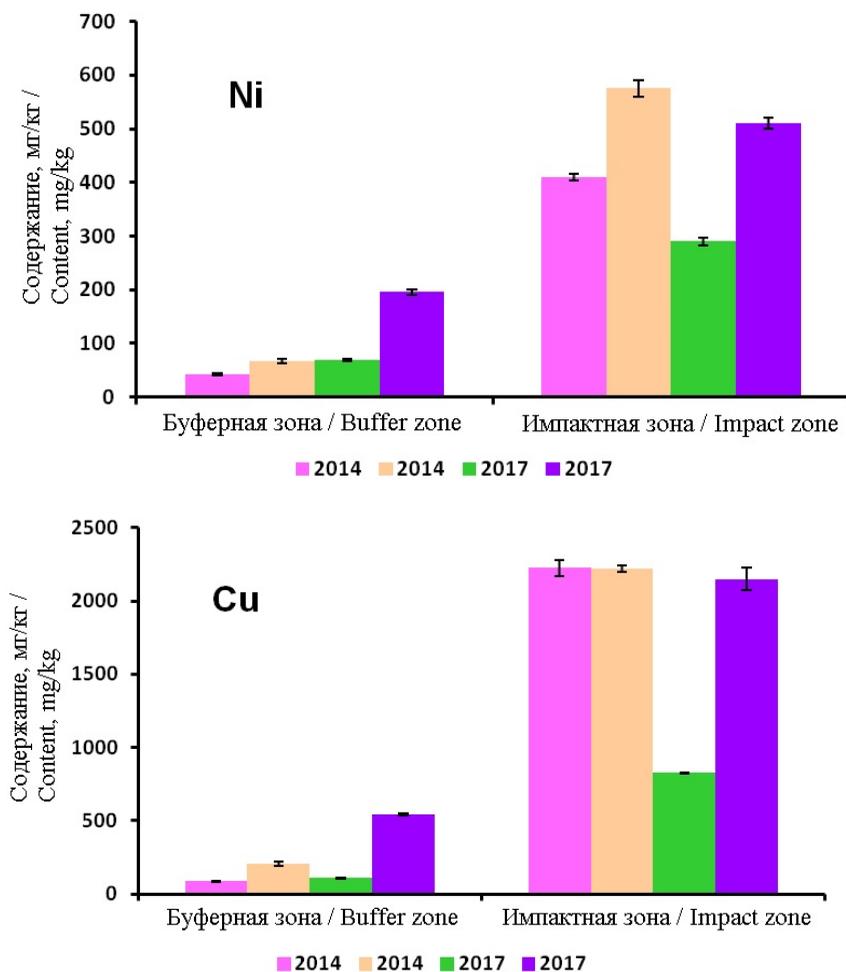


Рис. 2. Абсолютные значения Ni и Cu в органогенных горизонтах в 2014–2017 гг. (по [3]) / Figure 2. Absolute values of Ni and Cu in organic horizons, 2014–2017 (according to [3])

Как уже было сказано выше, основными поллютантами являются диоксид серы (SO₂) и полиметаллическая пыль (Cu, Ni, Co). Это обусловлено характером производства, которое ведется на комбинате «Североникель», а именно выплавка цветных руд. Данный процесс включает как обжиг самих

руд, побочным продуктом которого является выделение диоксида серы, так и очистку уже готовых металлов, в результате которого происходит выброс металлической пыли. Данная пыль, несмотря на свои малые размеры, все же является твердым веществом, что существенно ограничивает ее перемещение с воздушными массами (содержание ее в окрестностях комбината снижается экспоненциально по мере удаления от источника загрязнения). Диоксид серы имеет более обширную площадь распространения, так как, помимо своего агрегатного состояния (газ), является кислотным оксидом, что позволяет ему вступать в реакцию с атмосферной влагой и преобразовываться в нестабильную сернистую кислоту.

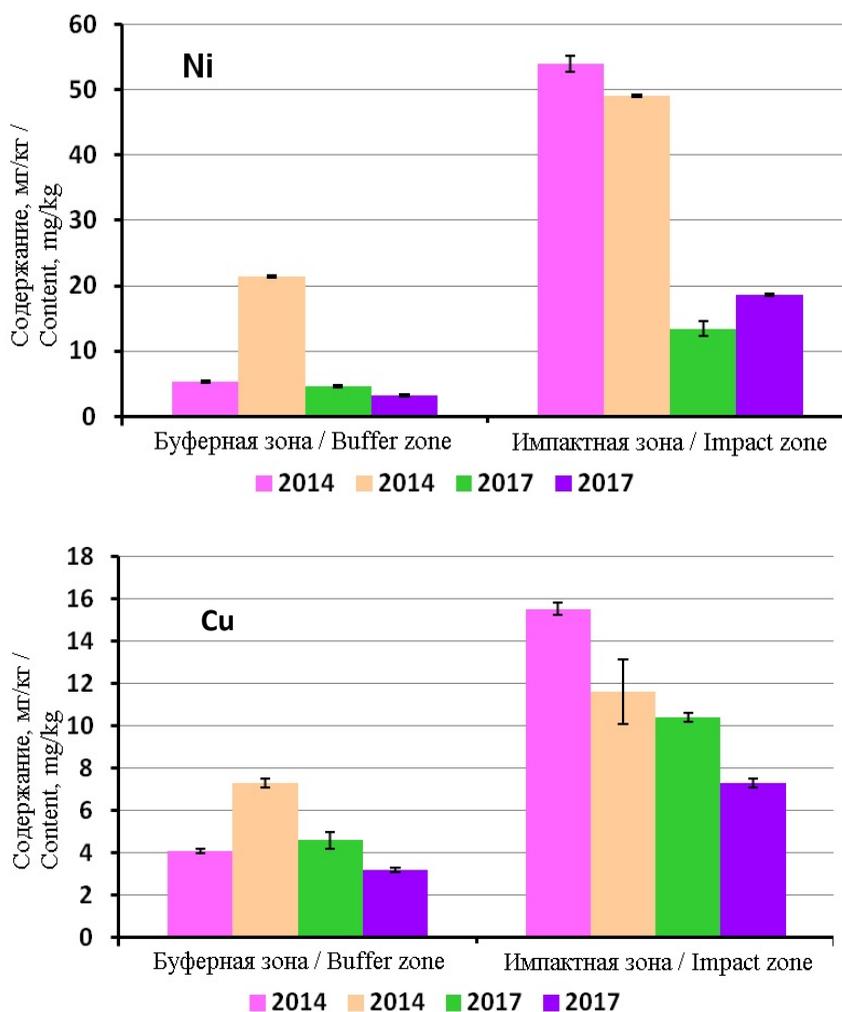


Рис. 3. Абсолютные значения Ni и Cu в побегах черники (*Vaccinium myrtillus* L.) в 2014–2017 гг. (по [3]) /
 Figure 3. Absolute values of Ni and Cu in the shoots of blueberries (*Vaccinium myrtillus* L.), 2014–2017 (according to [3])

Выборка была сформирована на четырех постоянных пробных площадях (ППП): ППП 100 – 10 км (N 68 00.384, E 032 55), ППП 270 – 25 км (N 68 06.817, E 033 19.455) 541 – севернее источника загрязнения; ППП 29 – 15 км (N 67 44.216, E 032 46.447), ППП 3 – 35 км (N 67 38.168, E 032 42.234) – южнее источника загрязнения. Две пробные площади были заложены севернее источника загрязнения, две южнее (рис. 4). Такое количество и расположение пробных площадей обусловлено спецификой расположения сосновых лесов в окрестностях комбината и их доступностью для долгосрочных и продолжительных исследований.

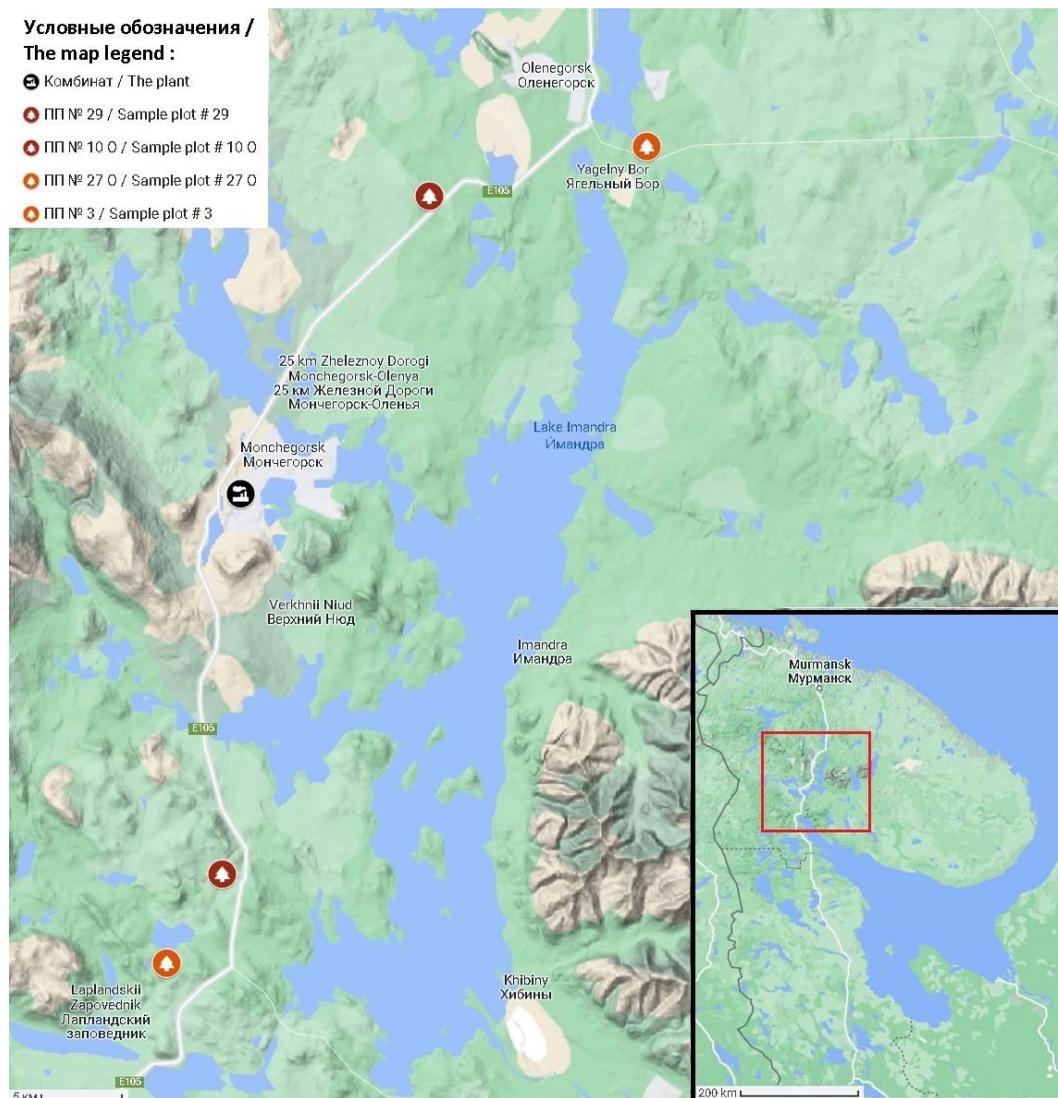


Рис. 4. Места закладки постоянных пробных площадей на различном удалении от источника загрязнения Мончегорского района Мурманской области / Figure 4. Places of laying permanent sample plots at different distances from the source of pollution in the Monchegorsk district of the Murmansk region

Для особей, формирующих древесный ярус на данных ППП, были определены следующие данные: определены диаметр ствола, высота дерева и категория состояния (по данному показателю мы исходили из общепринятой шкалы категорий жизненного состояния древесных форм [8]: I – здоровые особи; II – ослабленные особи; III – сильно ослабленные особи; IV – усыхающие особи; V – сухие особи). Исходя из данного распределения, был определен индекс жизненного состояния древостоя [8–10] по формуле

$$I_n = \frac{n_1 + 0,7n_2 + 0,4n_3 + 0,1n_4}{n},$$

где I_n – индекс жизненного состояния; n_1 – количество здоровых особей; n_2 – количество ослабленных особей; n_3 – количество сильно ослабленных особей; n_4 – количество усыхающих особей; n – общее количество особей.

Данная формула широко используется в лесном хозяйстве и имеет две вариации: количественную (использованную в данной работе) и процентную, предусматривающую изначально оперировать с процентными соотношениями различных категорий лесообразующей породы.

Следует отметить, что к ярусу древостоя нами были отнесены все особи основной лесообразующей породы, имеющие на высоте 1,3 м диаметр ствола 4 см и более [7; 8]. Необходимость этого допущения обусловлена тем, что в зоне северной тайги рост деревьев снижен по сравнению с характером роста аналогичных видов средней и южной тайги, где к ярусу древостоя относят особи, достигшие 6–8 см в диаметре на высоте 1,3 м.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования нами была выявлена следующая закономерность: виталитетная структура, а следовательно, индекс жизненного состояния для данных сосновых сообществ в условиях снижающегося воздействия аэротехногенных поллютантов сохраняют устойчивость на протяжении рассматриваемого временного интервала. При рассмотрении динамики изменения индекса жизненного состояния мы получили следующие результаты.

В импактном районе виталитетная структура почти полностью без изменений – для 2015 г. среднее значение индекса жизненного состояния составило 0,53 (0,56 для ППП 100 и 0,49 для ППП 29). Статистическое распределение групп особей по категориям жизненного состояния составило:

– для ППП 100 – 15,7 % здоровых, 30,4 % ослабленных, 45,1 % сильно ослабленных и 8,8% усыхающих деревьев;

– для ППП 29 – 21,7 % здоровых, 20,7 % ослабленных, 24,8 % сильно ослабленных и 32,8 % усыхающих деревьев.

Среднее значение индекса жизненного состояния для 2017 г. в среднем составило 0,53 (0,55 для ППП 100 и 0,48 для ППП 29). Статистическое распределение групп особей по категориям жизненного состояния составило:

– для ППП 100 – 17,3 % здоровых, 30,2 % ослабленных, 39,7 % сильно ослабленных и 5,5% усыхающих деревьев;

– для ППП 29 – 25,8 % здоровых, 18,4 % ослабленных, 18,9 % сильно ослабленных и 16,1 % усыхающих деревьев.

Для 2018 г. данные показатели остались без изменений и составили в среднем 0,53 (0,56 для ППП 10О и 0,48 для ППП 29). Статистическое распределение групп особей по категориям жизненного состояния осталось без изменений.

В буферном районе для 2015 г. среднее значение индекса жизненного состояния составило 0,81 (0,83 для ППП 27О и 0,79 для ППП 3). Статистическое распределение групп особей по категориям жизненного состояния составило:

– для ППП 27О – 70,8 % здоровых, 5,6 % ослабленных, 19,4 % сильно ослабленных и 4,2% усыхающих деревьев;

– для ППП 3 – 64,2 % здоровых, 12,6 % ослабленных, 10,6 % сильно ослабленных и 12,6 % усыхающих деревьев.

Для 2017 г. данный показатель в среднем составил 0,83 (0,84 для ППП 27О и 0,81 для ППП 3). Статистическое распределение групп особей по категориям жизненного состояния составило:

– для ППП 27О – 72,0% здоровых, 6,3 % ослабленных, 18,0 % сильно ослабленных и 1,5 % усыхающих деревьев;

– для ППП 3 – 66,9 % здоровых, 14,3 % ослабленных, 8,8 % сильно ослабленных и 3% усыхающих деревьев.

Для 2018 г. индекс жизненного состояния для буферного района, так же как и для импактного остался без изменений и составил в среднем 0,83 (0,84 для ППП 27О и 0,82 для ППП 3). Статистическое распределение групп особей по категориям жизненного состояния, так же как и в импактной зоне, не подверглось каким-либо существенным изменениям (табл. 1, рис. 5) и находится в пределах погрешности при статистической обработке полученного материала) [9].

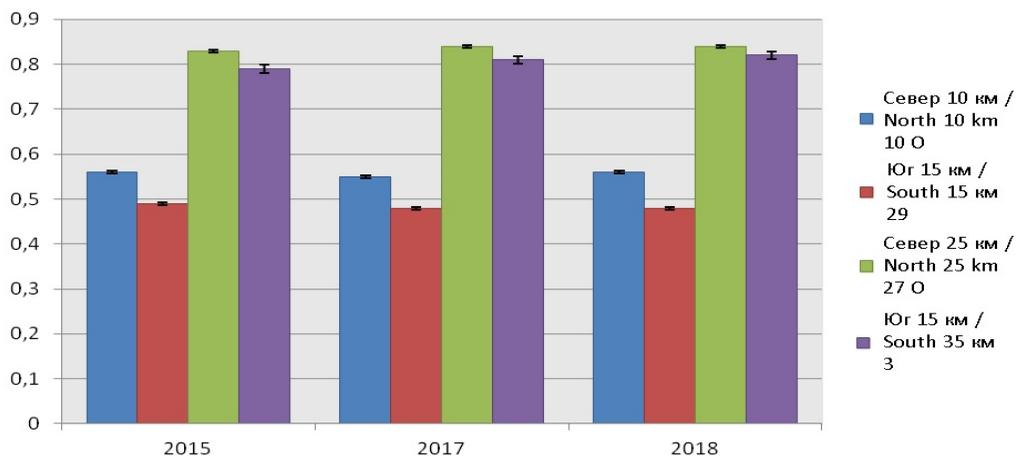


Рис. 5. Виталитетная структура древесного яруса для сообществ сосны обыкновенной, находящихся в зоне воздействия аэротехногенными выбросами комбината «Североникель» в 2015–2018 гг. /

Figure 5. The vitality structure of the tree layer for Scots pine communities in the area affected by aerotechnogenic emissions from the Severonickel plant, 2015–2018

Таблица 1. Распределение в сообществе *Pinus sylvestris* особей по категориям жизненного состояния в условиях различной техногенной нагрузки /
 Table 1. Distribution of individuals in the community of *Pinus sylvestris* by categories of life status under conditions of various technogenic pressure

Количество особей на ПП / Number of individuals on the sample plot, %	Постоянные пробные площади / Permanent sample plots			
	Импактные / Impact		Буферные / Buffer	
	100 Север 10 км / North 10 km	29 Юг 15 км / South 15 km	270 Север 25 км / North 25 km	3 Юг 35 км / South 35 km
2015				
Здоровые / Healthy	15,7	21,7	70,8	64,2
Ослабленные / Defoliated	30,4	20,7	5,6	12,6
Сильно ослабленные / Severely defoliated	45,1	28,4	19,4	10,6
Усыхающие / Withered	8,8	32,8	4,2	12,6
2017				
Здоровые / Healthy	17,3	25,8	72,0	66,9
Ослабленные / Defoliated	30,2	18,4	6,3	14,3
Сильно ослабленные / Severely defoliated	39,7	18,8	18,0	8,8
Усыхающие / Withered	5,5	16,1	1,5	3,0
2018				
Здоровые / Healthy	18,1	25,9	72,2	67,3
Ослабленные / Defoliated	30,4	18,5	6,3	14,8
Сильно ослабленные / Severely defoliated	39,3	18,6	17,8	8,1
Усыхающие / Withered	5,1	16,1	1,4	3,2

Заключение

В результате проведенного исследования хорошо заметно, что витали-тетная структура и индекс жизненного состояния сообществ *Pinus sylvestris* в исследуемом регионе на имеющихся постоянных пробных площадях в период с 2015 по 2018 г. изменился незначительно, несмотря на явную тенденцию к снижению аэротехногенных выбросов полиметаллической пыли и сернистого ангидрида предприятием и, как следствие, уменьшению содержания кислоторастворимых форм тяжелых металлов в верхних горизонтах почвы и ассимиляционных органах растений. Также отметим, что для фоно-вых районов показатель жизненного состояния находится в диапазоне от 0,8 до 0,9, что несущественно отличается от буферной зоны, испытывающей явную техногенную нагрузку. Основным объяснением столь явно противоре-чивых на первый взгляд данных может быть тот факт, что древесный ярус при любом уровне воздействия (в пределах зоны толерантности) будет реагиро-вать на изменения окружающей среды в значительном временном диапазоне, нежели другие жизненные формы. Также это может быть связано с продол-жительной аккумуляцией тяжелых металлов в различных горизонтах почвы (как органогенных, так и минеральных), что и вызывает весьма длительное восстановление сосновых лесов импактной и буферной территории.

Список литературы

- [1] Ярмишко В.Т., Баккал И.Ю., Борисова О.В., Горшков В.В., Катютин П.Н., Лянгу-зова И.В., Мазная Е.А., Ставрова Н.И., Ярмишко М.А. Динамика лесных сообществ северо-запада России. СПб.: ВВМ, 2009. 276 с.

- [2] Лянгузова И.В., Ярмишко В.Т., Евдокимов А.С. Прогноз состояния напочвенного покрова северотаежных сосновых лесов при аэротехногенном загрязнении // Экологические проблемы промышленных городов: материалы 7-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ч. 2 / под ред. Е.И. Тихомировой. Саратов: СГТУ, 2015. 392 с.
- [3] Лянгузова И.В., Ярмишко В.Т., Евдокимов А.С., Беляева А.И. Состояние лесных экосистем Кольского полуострова на фоне снижения объемов антропогенных выбросов // Растительные Ресурсы. 2018. 2018. Т. 54. С. 516–531.
- [4] Исаченко Е.А., Филиппова Л.Н. Влияние промышленного задымления на естественную растительность в окрестностях г. Мончегорска // Естественная среда и биологические ресурсы Крайнего Севера. Л., 1975. С. 135–143.
- [5] Крючков В.В., Сыроид Н.А. Изменение экосистем Кольского Севера под влиянием антропогенной деятельности // 8 Всесоюзный симпозиум «Биологические проблемы Севера»: Тез докл. Апатиты: КФ АН СССР, 1979. С. 39–42.
- [6] Зябченко С.С. Сосновые леса Европейского Севера. Л., 1984. 247 с.
- [7] Федорчук В.Н., Дыренков С.А. Выделение и распознавание типов леса. Л., 1975. 55 с.
- [8] Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. СПб.: СпбГУ, 1997. 210 с.
- [9] Евдокимов А. С., Ярмишко В. Т. Состояние древесного яруса лесных сообществ центральной части Кольского полуострова на фоне снижающейся аэротехногенной эмиссии // Актуальные проблемы экологии и природопользования. 2019. С. 81–86.
- [10] Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / отв. ред. В.А. Алексеев. Л.: Наука, 1990. 200 с.
- [11] Ярмишко В.Т., Горшков В.В., Ставрова Н.И. Виталитетная структура *Pinus sylvestris* L. в лесных сообществах с разной степенью и типом антропогенной нарушенности (Кольский полуостров) // Растительные ресурсы. 2003. Т. 39, № 4. С. 1–19.

References

- [1] Yarmishko VT, Bakal IYu, Borisova OV, Gorshkov VV, Katyutin PN, Lyanguzova IV, Maznaya EA, Stavrova NI, Yarmishko MA. *Dynamics of forest communities in northwestern Russia*. SPb.: VVM; 2009. (In Russ.)
- [2] Lyanguzova IV, Yarmishko VT, Evdokimov AS. Forecast of the state of the ground cover of the northern taiga pine forests under aerotechnogenic pollution. *Ecological problems of industrial cities. Materials of the 7th All-Russian scientific and practical conference with international participation*. SGTU; 2015. Part 2 (In Russ.)
- [3] Lyanguzova IV, Yarmishko VT, Evdokimov AS, Belyaeva AI. The state of forest ecosystems of the Kola Peninsula against the background of a decrease in anthropogenic emissions. *Plant Resources*. 2018;54. (In Russ.)
- [4] Isachenko EA, Filippova LN. Influence of industrial smoke on natural vegetation in the vicinity of Monchegorsk. *Natural environment and biological resources of the Far North*. Leningrad; 1975. (In Russ.)
- [5] Kryuchkov VV, Syroid NA. Changes in the ecosystems of the Kola North under the influence of anthropogenic activity. *8th All-Union Symposium "Biological Problems of the North": Abstracts of reports*. Apatity: KF AN SSSR; 1979;(8):39–42. (In Russ.)
- [6] Zyabchenko SS. *Pine forests of the European North*. Leningrad; 1984. (In Russ.)
- [7] Fedorchuk VN, Dyrenkov SA. *Selection and recognition of forest types*. Leningrad; 1975. (In Russ.)

- [8] Yarmishko VT. *Scotch pine and atmospheric pollution in the European North*. St. Petersburg: St. Petersburg State University; 1997. (In Russ.)
- [9] Evdokimov AS, Yarmishko VT. The state of the tree layer of forest communities in the central part of the Kola Peninsula against the background of declining aerotechnogenic emissions. *Actual problems of ecology and nature management*. 2019. p. 81–86. (In Russ.)
- [10] Alekseev VA. (responsible ed.) *Forest ecosystems and atmospheric pollution*. Leningrad: Nauka, 1990. (In Russ.)
- [11] Yarmishko VT, Gorshkov VV, Stavrova NI. Vital structure of *Pinus sylvestris L.* in forest communities with different degree and type of anthropogenic disturbance (Kola Peninsula). *Plant Resources*. 2003;39(4):1–19. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Евдокимов Александр Сергеевич, научный сотрудник кафедры ботаники и экологии факультета биологии, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Российская Федерация, 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки 48, ORCID: 0000-0002-8871-4774, eLIBRARY SPIN-код: 8151-6417. E-mail: evdokimov89@gmail.com

Ярмишко Василий Трофимович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник с возложением обязанностей заведующего Ботаническим садом Петра Великого, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Российская Федерация, 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, eLIBRARY SPIN-код: 4483-9930. E-mail: yarmishko@binran.ru

Bio notes:

Alexander S. Evdokimov, Researcher, Department of Botany and Ecology, Faculty of Biology, Herzen State Pedagogical University of Russia, Russian Federation, 191186, St. Petersburg, Moika emb., 48, ORCID: 0000-0002-8871-4774, eLIBRARY SPIN-code: 8151-6417. E-mail: evdokimov89@gmail.com

Vasily T. Yarmishko, Dr. Sc., Professor, Department Head, Department of Botanical Garden, Komarov Botanical Institute of the RAS, 2 Professor Popova St, St. Petersburg, 197022, Russian Federation. eLIBRARY SPIN code: 4483-9930. E-mail: yarmishko@binran.ru