

Данные таблицы свидетельствуют, что на исследуемой территории наибольшее распространение имеют среднеполнотные насаждения с полнотой 0,5–0,8. Они занимают площадь 132237,9 га или 82,3 % от общей площади осинников. Высокополнотные насаждения с полнотой 0,9–1,0 произрастают на площади 25284,6 га (15,8 %). Насаждения, относящихся к группе низкополнотных с полнотой 0,3–0,4, занимают площадь 3106,8 га (1,9 %). Средняя полнота осинников в исследуемом районе Пермского края составляет 0,70.

Осинники на исследуемой территории, как правило, представлены одновозрастными и одноярусными насаждениями с горизонтальной сомкнутостью полога. Общая площадь лесотаксационных выделов осины с закрытым типом ландшафта (с относительной полнотой 0,6 и выше) составляет 149570,3 га (или 93,1 % от площади покрытой лесной растительностью).

В целом по результатам проведенных исследований можно отметить следующее. В исследуемом лесорастительном районе осина является породой, площади насаждений которой на протяжении последних 70 лет неуклонно возрастают. В настоящее время осинники играют существенную роль в формировании лесного покрова региона. Это обстоятельство следует учесть при организации хозяйств в лесу, проектировании лесозаготовительных и лесоперерабатывающих производств. Осинники произрастают в 8 группах типов лесорастительных условий, существенно различающихся режимом увлажнения и трофностью почв. Однако в наибольшей степени (94,4 % по площади) они предпочитают относительно богатые, влажные и относительно богатые, свежие группы типов леса. Преобладающими насаждениями среди осинников являются среднеполнотные, их площадь составляет 132237,9 га (82,3 %). Средняя полнота составляет 0,70.

Список литературы

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ (в ред. от 13.07.2015 № 233-ФЗ) // СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.03.2021).
2. Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов Российской Федерации. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26.09.2013 № 1724-р // СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 17.03.2021).
3. Дыренков С. Д., Шергольд О. Э., Канисев Г. Н., Воронова О. И., Жебряков В. Н. Лесорастительное и лесотаксационное районирование в Пермской области. Методические рекомендации. Л. : Ленинградский лесотехнический институт, 1977. 34 с.
4. Беляев Т. А., Нагимов З. Я. Шевелина И. В. Шерстнев В. А. Ретроспективный анализ изменения площадей насаждений различных пород в лесном фонде Пермского края // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 4(71). С. 10–17.
5. Соколов С. В. Исследование роста и товарности сосновых насаждений подзоны южной тайги Зауралья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.00.00. Свердловск, 1970. 23 с.
6. Нагимов З. Я. Закономерности строения и роста сосновых древостоев и особенности рубок ухода в них на Среднем Урале : дис. ... к. с.-х.н.: 06.03.03. Свердловск, 1984. 329 с.

УДК 504.54.05

О. В. Игнатьева,

к. б. н., доцент кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ,
ignateva_oksana@inbox.ru

В. Т. Ярмишко,

д. б. н., профессор кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург, РФ,
vasliiyarmishko@yandex.ru

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНАХ ИНТЕНСИВНОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

*Исследовались средневозрастные лишайниково-зеленомошнные сообщества *Pinus sylvestris* L., ненарушенные хозяйственной деятельностью человека, и сообщества, подвергающиеся хроническому воздействию отходов медно-никелевого производства на Кольском Севере. Установлено, что современные тенденции развития и состояние сосновых лесов на вырубках и гарях в фоновых условиях обусловлены естественными природными процессами и внутри популяционными взаимоотношениями. Аэротехногенное загрязнение является значимым фактором, повреждающим ассимиляционные органы и кроны деревьев, подавляющим ростовые процессы отдельных деревьев и древостоев в целом, определяющим виталитетную струк-*

туру сообществ, а вблизи крупного медно-никелевого комбината она выступает доминирующим фактором, вызывающим заметное ослабление и даже разрушение сосновых лесов. На фоне существенного снижения объемов атмосферных выбросов прослеживается тенденция улучшения жизненного состояния сосновых лесов даже в зоне сильного загрязнения.

Ключевые слова: сосна, древостои, Кольский Север, загрязнение, SO_2 , тяжелые металлы, хвоя, жизненное состояние, устойчивость.

O. V. Ignatieva,

Candidate of Biological Sciences, associate Professor of the Saint Petersburg state forest technical University. S. M. Kirov, Saint-Petersburg, Russia,

ignatieva_oksana@inbox.ru

V. T. Yarmishko,

Doctor of Biological Sciences, Professor, Saint Petersburg state forest technical University. S. M. Kirov, Saint-Petersburg, Russia,

vasliiyarmishko@yandex.ru

PROBLEMS OF FOREST ECOSYSTEM SUSTAINABILITY IN AREAS OF INTENSIVE HUMAN ECONOMIC ACTIVITY IN THE KOLA PENINSULA

*Middle-aged lichen-green moss communities of *Pinus sylvestris* L., undisturbed by human economic activity, and communities exposed to chronic effects of copper-nickel production waste in the Kola North were studied. It is established that the current trends in the development and condition of pine forests in deforestation and burning in the background conditions are due to natural processes and intra-population relationships. Aerotechnogenic pollution is a significant factor that damages the assimilation organs and crowns of trees, suppresses the growth processes of individual trees and stands as a whole, determines the vital structure of communities, and near a large copper-nickel combine, it is the dominant factor that causes a noticeable weakening and even destruction of pine forests. Against the background of a significant decrease in atmospheric emissions, there is a tendency to improve the living condition of pine forests, even in the zone of heavy pollution.*

Keywords: pine, stands, Kola North, pollution, SO_2 , heavy metals, needles, vital condition, stability.

Современный лесной покров на Кольском Севере представляет собой огромную сукцессионную систему, подавляющее большинство процессов в которой инициировано хозяйственной деятельностью человека. Начавшееся еще около 100 лет назад интенсивное строительство жилых и промышленных объектов на территории Кольского полуострова потребовало огромного количества древесных ресурсов. Площадь лесов, нарушенных рубками, в частности наиболее разрушительными сплошными рубками, во много раз превышала площадь лесов, пострадавших от воздействия другого мощного антропогенного фактора – промышленного атмосферного загрязнения [1]. Постоянно возрастающее количество промышленных отходов нередко вызывало нарушения в природных лесных комплексах, а в отдельных районах – деградацию веками формирующихся экологических систем [2, 3].

Одним из таких районов является Кольский полуостров, где расположен и работает с 1939 года комбинат по производству цветных металлов (Ni, Cu, Co и др.) – «Североникель», загрязняющий окружающую среду отходами своего производства. Максимальные выбросы, составляющие в среднем в год 230–240 тыс. т SO_2 и 15 тыс. т мелкодисперсной пыли, содержащей смесь сульфидов и оксидов Ni и Cu, наблюдались в период с 1973 по 1992 гг., когда комбинат перешел на переработку руды из Норильска, содержащей повышенное количество серы. В конце 1990-х гг. на комбинате была осуществлена реконструкция очистных сооружений, что позволило сократить объемы выбросов SO_2 почти в 6 раз, тяжелых металлов – в 3 раза [4, 5].

Цель настоящей работы – изучить и оценить жизненное состояние и устойчивость производных сосняков лишайниково-зеленомошных, формирующихся на вырубках и гарях, а также испытывающих в отдельных районах на Кольском полуострове воздействие аэротехногенного загрязнения.

Исследования проводились в средневозрастных лишайниково-зеленомошных сосновых лесах, формирующихся на вырубках и гарях, расположенных на различном расстоянии от источника эмиссии в пределах трех районов, различающихся по интенсивности промышленного атмосферного загрязнения: фоновом, умеренного и интенсивного загрязнения. Для оценки уровня загрязнения территории определяли содержание кислотрастворимых форм тяжелых металлов (Ni, Cu) в органогенном горизонте Al-Fe-подзолистых почв [5, 6].

В каждом районе были заложены постоянные пробные площади (ППП) размером 0,1–0,2 га. На каждой ППП были выполнены: таксация древостоя, определена виталитетная структура сообществ *Pinus sylvestris* L., оценены поврежденность, и продолжительность жизни хвои, интенсивность линейного и радиального роста деревьев, устойчивость в условиях антропогенного пресса в условиях Кольского Севера [6, 3]. Общей методической особенностью проведенных исследований было сравнение полученных результатов в сообществах сосны обыкновенной в условиях разных уровней атмосферного загрязнения с аналогичными показателями в фоновых лесах, принятыми нами за норму (эталон). Обработку количественных данных проводили методами описательной статистики, дисперсионного и регрессионного анализов.

Средневозрастные древостои *Pinus sylvestris* в центральной части Кольского полуострова являются одноярусными, V и V-а классов бонитета с полнотой 0,3–0,5 и запасом древесины до 50 м³/га⁻¹.

Одним из показателей жизненного состояния деревьев и древостоев в хвойных лесах на Кольском Севере является характер развития ассимиляционного аппарата и его состояние. Так, в исследуемых фоновых сосняках виталитетная структура хвои на деревьях была практически стабильной, поврежденность ее достоверно не различалась в течение последних 20–25 лет. В этих условиях лишь небольшая часть (не более 5 %) хвои сосны имела хлорозы и/или некрозы, которые занимали площадь менее 5 % от общей поверхности. Продолжительность жизни хвои на деревьях достигает 6–7 лет, иногда до 10 лет в северо-восточных районах полуострова. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей для сосновых лесов Кольского полуострова [7, 8].

В ходе наших исследований в сосняках лишайниково-зеленомошных была выявлена тенденция последовательного увеличения ежегодного линейного прироста сосны в высоту с некоторым замедлением в отдельные годы. Анализ данных по двум фоновым районам показывает, что в течение последних 12–15 лет прирост в высоту остается стабильным: в Ливском – на среднем уровне – около 20 см год⁻¹, в Ковдорском – на более высоком уровне – 27 см год⁻¹. Интенсивность радиального прироста у сосны обыкновенной в рассматриваемых условиях продолжает снижаться в исследованном временном интервале, не достигая стабильности в отличие от прироста в высоту. При этом величина прироста снижается в среднем в 2–2,5 раза: от 0,8–1,1 мм год⁻¹ до 0,3–0,5 мм год⁻¹.

В исследованных фоновых сосняках виталитетная структура древостоев представлена здоровыми особями и сохранялась она на всем протяжении периода наших наблюдений.

Первым, визуальным определяемым признаком отклонения жизненного состояния деревьев сосны обыкновенной от нормы, является изменение естественного цвета хвои (дехромация). При воздействии токсикантов площадь пораженной поверхности хвоинок хлорозами и некрозами может достигать 75 % и более. При этом происходит изменение зеленого цвета на красно-коричневый, бурый и серый.

Загрязнение лесных сообществ диоксидом серы в сочетании с тяжелыми металлами является основной причиной наблюдающегося прогрессивного усиления ажурности крон деревьев сосны. Оно происходит в результате повреждения и преждевременного опадения хвои и мелких веток. В районе интенсивного атмосферного загрязнения опад хвои сосны начинается уже в однолетнем возрасте (40–50 %), а двухлетней хвои на деревьях остается не более 25 % в сравнении с фоновыми древостоями. Повреждение и преждевременное опадение хвои сосны является причиной снижения продолжительности жизни ее на деревьях. В результате хронического воздействия токсикантов возраст хвои на деревьях снижается до 2–3 лет в районах интенсивного загрязнения по сравнению с 6–7 годами в фоновых древостоях. Увеличение продолжительности жизни хвои практически до фоновых значений произошло после резкого снижения объемов атмосферных выбросов загрязняющих веществ в начале XXI века.

Загрязнение заметно подавляет линейный и радиальный прирост у сосны обыкновенной. Так, интенсивность прироста в высоту центральных побегов может снижаться до 40 %, а в отдельные годы до 70 % в районах сильного загрязнения по сравнению с контролем. Радиальный прирост сосны подвержен меньшим изменениям. Его интенсивность снижалась на 30 % и более, чем в фоновых древостоях. В настоящее время интенсивность радиального прироста сосны в рассматриваемых условиях достаточно близкая, а в отдельные годы превосходит на 12–15 % прирост сосны в фоновых древостоях. Подобную реакцию древесных растений на снижение объемов промышленных отходов можно было ожидать, несмотря на накопленные значительные количества тяжелых металлов в почве [5].

Под воздействием токсикантов существенно ухудшается жизненное состояние древостоев *Pinus sylvestris*, а в непосредственной близости к источнику эмиссии они разрушаются. Сокращение объемов атмосферных выбросов комбинатом «Североникель» заметно улучшило виталитетную структуру сосновых лесов в районе исследований.

Заключая, отметим, что сообщества сосны обыкновенной на Кольском полуострове демонстрируют достаточно высокую устойчивость к воздействию антропогенных факторов. На вырубках и гарях сосна обыкновенная успешно возобновляется и формирует густые, интенсивно развивающиеся древостои. Под воздействием аэротехногенного загрязнения, древостои сосны обыкновенной претерпевают визуально наблюдаемые признаки угнетения и даже разрушения надземных органов. Однако на фоне существенного снижения объемов загрязнителей увеличивается продолжительность жизни хвои на деревьях, активизируются ростовые процессы, улучшается жизненное состояние сообществ в целом. Таким образом, сосна обыкновенная проявляет определенную устойчивость к такому агрессивному антропогенному фактору как аэротехногенное загрязнение.

Список литературы

1. Цветков В. Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск : Изд-во Арханг. гос. тех. ун-та, 2002. 380 с.
2. Проблемы экологии растительных сообществ Севера. СПб. : ООО «ВВМ», 2005. 450 с.
3. Ярмишко В. Т., Игнатъева О. В. Скорость роста и структура фитомассы *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в средневозрастных сосняках Мурманской области // Раст. ресурсы/ 2020. Т. 56, вып. 4. С. 101–110.
4. Ежегодник Кольской КМК. № 5. Мончегорск, 2007. 71 с.
5. Lyanguzova I., Yarmishko V., Gorshkov V., Stavrova N., Bakkal I. Impact of Heavy Metals on Forest Ecosystems of the European North of Russia/Heavy Metals. Ch. 6. 2018. P. 92-114. DOI: 10.5772/intechopen. 73323. ISBN: 978-1-78923-361-2.
6. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимииСПбГУ, 2002. 240 с.
7. Цветков В. Ф., Никонов В. В. Структура и запасы фитомассы хвои в сосновых молодняках Кольского полуострова // Лесоведение. 1985. № 1. С. 32–39.
8. Черненко Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М. : Наука, 2002. 191 с.

УДК 581.2

Э. В. Марамохин,

аспирант 3 года, преподаватель кафедры биологии и экологии, ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, РФ,
maramokhin91@mail.ru

М. В. Сиротина,

д. б. н., зав. кафедрой биологии и экологии, ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, РФ,
mvsirotna@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ ДЕСТРУКЦИИ И ДЕГРАДАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕКОТОРЫХ КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ

*Одной из важнейших биогеоценологических функций ксилотрофных базидиомицетов является разложение древесины. На этот процесс влияют экологические и биохимические особенности самих грибов, а также физико-химические особенности древесины у каждой конкретной древесной породы, погодные-климатические и гидрологические условия местообитания. Изменение любого из этих факторов влияет на особенности развития в определенных типах лесных сообществ ксилотрофов, специализирующихся на разрушении древесины, преобладающих видов фанерофитов. При этом скорость деструкции будет зависеть также и от широтного градиента. Деструкция и деградация древесины это сложный и многолетний процесс, изучать его в природных условиях крайне сложно, поэтому для решения этой задачи в ходе работы были использованы методы и приемы, применяемые в биотехнологии, а именно получение *in vitro* чистых культур некоторых ксилотрофных базидиомицетов с дальнейшим внедрением полученного мицелия в части древесины мелколиственных пород и последующей статистической обработкой полученных данных.*

Ключевые слова: ксилотрофные базидиомицеты, мелколиственные леса, деструкция, деградация, *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Phellinus igniarius* (L.) Quel., *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst., *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pil.

E. V. Maramokhin,

3rd year graduate student, lecturer at the Department of Biology and Ecology, Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation,
maramokhin91@mail.ru

M. V. Sirotna,

Doctor of Biological Sciences, Head Department of Biology and Ecology, Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation,
mvsirotna@gmail.com

PECULIARITIES OF DESTRUCTION AND DEGRADATION OF TREES OF SMALL-LEAVED FORESTS UNDER THE INFLUENCE OF XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES

*Wood decomposition is one of the most important biogeocenotic functions of xylotrophic basidiomycetes. This process is influenced by the ecological and biochemical characteristics of the fungi, as well as by the physicochemical characteristics of wood of each specific tree species and climatic and hydrological characteristics of the habitat. Changes in any of these factors affect the formation of xylotrophs which are specializing in the destruction of wood of the predominant species of phanerophytes in certain types of forest communities. In this case, the rate of destruction will also depend on the latitudinal gradient. The destruction and degradation of wood is a complex and long-term process, it is extremely difficult to study it in natural conditions, therefore, to solve this problem, the methods and techniques used in biotechnology were used in the course of the study. In particular the *in vitro* production of pure cultures of some xylotrophic basidiomycetes with the further infusion of the obtained mycelium into the wood of small-leaved species and subsequent statistical processing of the gathered data.*