

Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4. С. 63–68.
Forest of Russia and economy in them. 2023. № 4. P. 63–68.

Научная статья
УДК 630.114.351
DOI: 10.51318/FRET.2023.87.4.006

ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ СОСНЯКОВ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Ольга Михайловна Астафьева¹, Александр Михайлович Астафьев²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ astafievaom@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9230-4380>

² amastafyev45@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке динамики таксационных показателей и санитарного состояния сосняков в условиях воздействия промышленных поллютантов в районе Первоуральско-Ревдинского промышленного узла. Для определения таксационных показателей древостоев было заложено четыре пробных площади на различном расстоянии от источников промышленных выбросов в сосновых насаждениях искусственного происхождения в возрасте 56–59 лет. На пробных площадях проводился сплошной пересчет деревьев по ступеням толщины и категориям санитарного состояния с частичным измерением высот деревьев. В статье приведен анализ таксационных показателей сосновых насаждений по зонам поражения аэропромвыбросами и их динамики после последнего лесоустройства. Также дана оценка санитарного состояния деревьев по древесным породам и в целом лесного насаждения. Исследования показали, что у сосняков при увеличении степени воздействия промышленных поллютантов наблюдается снижение прироста таксационных показателей (средний диаметр, средняя высота, запас). Следует отметить, что запас в зоне сильного поражения почти вдвое меньше аналогичного в других зонах поражения и в фоновых условиях. Средние показатели по высоте и диаметру сосновых насаждений в зонах среднего и слабого поражения и фоновых условиях сопоставимы и равны 20–21 м и 20–21 см, а в зоне сильного поражения – 15 м и 15 см соответственно. Категория санитарного состояния сосняков в различных зонах поражения зависит от степени воздействия негативных факторов и фазы развития древостоя. Исследования показали, что насаждения в зоне Первоуральско-Ревдинского промышленного узла характеризуются как лесные насаждения без признаков поражения или ослабленные лесные насаждения.

Ключевые слова: санитарное состояние, сосняки, аэропромвыбросы, промышленные поллютанты, подрост

Для цитирования: Астафьева О. М., Астафьев А. М. Оценка санитарного состояния сосняков в условиях атмосферного загрязнения // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 4 (87). С. 49–54.

Scientific article

ASSESSMENT OF THE SANITARY CONDITIONS OF FORESTS IN ATMOSPHERIC POLLUTION

Olga M. Astafieva¹, Alexander M. Astafiev²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ astafievaom@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9230-4380>

² amastafiev45@yandex.ru

Abstract. The article deals with assessing the dynamic of taxation indicators and the sanitary conditions of pine forests under the influence of industrial pollutants in the Pervouralsk-Revda industrial hub. To determine the taxation indicators of forest stands, four test plots were laid out at different distances from sources of industrial emissions in pine plantations of artificial origin at the age 56–59. On the test plots, a complete enumeration of trees was carried out according to thickness levels and categories of sanitary conditions and a partial measurement of tree heights was carried out. The article provides an analysis of pine plantations by zones affected by air emissions and their dynamics after the last forest inventory. As well it is given an assessment of the sanitary conditions of trees by tree species and general, the forest plantation. The study showed that with the degree of industrial pollutants impact increasing, there is a decrease in the growth of taxation indicators (the average diameter, height, stock). It should be noted that the reserve in the severely damaged zones is almost half as much as in other zones of damage and background conditions. The average height and diameter of pine plantations zones of medium and weak damage and background conditions are comparable and equal to 20–21 m and 20–21 cm, respectively, and in the zone of severe damage 15 m and 15 cm respectively. The category of sanitary state of pine trees in various affected areas depends on the degree of impact of negative factors as well as the phase of the tree development. The study showed that the plantations in the Pervouralsk-Revda industrial hub is characterized as forest plantations damage signs or weakened forest plantations.

Keywords: sanitary condition, pine forests, air industrial emissions, industrial pollutants, undergrowth

For citation: Astafieva O. M., Astafiev A. M. Assessment of the sanitary conditions of forests in atmospheric pollution // Forests of Russia and economy in them. 2023. № 4 (87). P. 49–54.

Введение

Техногенное загрязнение характеризуется многосторонностью своего воздействия. Воздух, вода, осадки и почва загрязняются, а растения и почва аккумулируют загрязнители, вовлекая их в природные круговороты. Аэротехногенное загрязнение экосистем приводит к значительным изменениям элементного состава и функционирования растений (Юсупов, 1999; Торлопова, 2003; Тарханов и др., 2004; Щекалев, Тарханов, 2006; Залесов и др., 2017; Астафьева, 2006, 2022). В связи с изменением экологической ситуации, сниже-

нием выбросов в районе Первоуральско-Ревдинского промышленного узла тема изучения лесных насаждений является актуальной и в настоящее время.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью работы является оценка динамики таксационных показателей и санитарного состояния сосновых насаждений искусственного происхождения в районе Первоуральско-Ревдинского промышленного узла.

Объект исследования – лесные насаждения с преобладанием в составе древостоя сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на территории Билимбаевского лесничества Свердловской области. Насаждения произрастают в типах леса сосняк и сосняк-ельник ягодниковые (СЕЯГ) и сосняк разнотравный (СРТР).

Основным методом исследования являлся метод пробных площадей (ПП). Всего в ходе работы было заложено четыре пробных площади. На них проводился сплошной пересчет деревьев по диаметру на высоте 1,3 м. Деревья обмеряли мерными вилками, приспособленными для пересчета деревьев по ступеням толщины. Высоты деревьев измерялись с точностью до 0,1 м при помощи высотомера. На каждой ПП было замерено 20–25 высот деревьев различных диаметров каждого элемента леса. Средняя высота древостоев определялась графически, по среднему таксационному диаметру и графику высот (Основы фитомониторинга, 2020).

Категория санитарного состояния каждого дерева, средневзвешенная категория санитарного состояния лесных насаждений определялись в соответствии с Правилами санитарного состояния (Правила санитарной безопасности в лесах, 2020).

Результаты и их обсуждение

Пробная площадь 5 расположена в зоне сильного поражения, 16 – в зоне среднего поражения, 32 – в зоне слабого поражения, 47 – в фоновых условиях. Зонирование района исследований по отношению к источникам выбросов было выполнено ранее Б. С. Фимушиным (1988). Возраст сосняков на момент исследования составляет 56–59 лет. По составу лесные насаждения чистые сосновые или с преобладанием сосны обыкновенной. В табл. 1 приведены таксационные показатели древостоев на пробных площадях в различных зонах поражения на 1 га по данным последнего лесоустройства с указанием года и полученные в ходе исследований.

Данные табл. 1 свидетельствуют об изменении видового состава лесного насаждения в зоне сильного поражения. Так, количество единиц сосны обыкновенной в составе сократилось с восьми до семи, березы повислой возросло с двух до трех.

Прирост за 26 лет по высоте у сосны обыкновенной и березы повислой составляет 3 м, а по диаметру – 5 и 4 см соответственно. В зоне сильного поражения произошло также снижение полноты до 0,6 и класса бонитета до 3. Прирост по запасу за 26 лет составил лишь 30 м³/га.

В зоне среднего поражения прирост по высоте сосны обыкновенной составил 9 м и по диаметру – 9 см. Полнота насаждения в 2022 г. осталась такой же и составила 1,0. Данное насаждение характеризуется 2 классом бонитета. Следует отметить, что в этой зоне прирост по запасу является максимальным при сравнении с другими пробными площадями и составляет 373 м³/га.

В зоне слабого поражения за пять лет не произошло значительных изменений таксационных показателей. Так, прирост сосны обыкновенной по высоте составляет 1 м, диаметру – 2 см и запасу – 20 м³/га. Следует отметить, что такие таксационные показатели, как средний диаметр и средняя высота, в зоне слабого поражения аэропромвыбросами почти равны таковым в зоне среднего поражения и в фоновых условиях.

В фоновых условиях за 18 лет прирост сосны обыкновенной и лиственницы по высоте 2 м. При этом следует отметить, что прирост по диаметру у сосны составляет 6 см, а у лиственницы средний диаметр остался неизменным. Это факт объясняется отпадом деревьев лиственницы в предыдущие годы. Прирост насаждения по запасу за указанный период – 122 м³/га. Запас сосняка в фоновых условиях составляет 462 м³/га, что выше, чем в зоне слабого поражения.

Анализ полученных данных показал, что в зоне сильного поражения береза повислая заменяет в составе сосну обыкновенную. Показатели среднего диаметра и средней высоты в зоне сильного поражения являются наименьшими, а в зонах среднего и слабого поражения и в фоновых условиях сопоставимы. Запас в зоне сильного поражения также минимальный и составляет лишь 200 м³/га, в зоне слабого поражения и фоновых условиях – 400 и 462 м³/га соответственно.

В табл. 2 приведены средневзвешенные категории состояния деревьев каждой породы и лесных насаждений на каждой пробной площади.

Таблица 1
Table 1

Таксационная характеристика древостоев на пробных площадях
в разных зонах поражения на 1 га
Taxation characteristics of stands on trial areas in different affected areas per 1 ha

№ ПП №TP	Год Year	Состав Compound	Возраст, лет Age, year	Элемент леса Elements of the forest	Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm	Тип леса Forest type	Класс бонитета Quality class	Плотность Density	Запас древостоя, м ³ Stand stock, m ³ /ha
Зона сильного поражения The zone of severe damage										
5	1996	7СЗБ + ОС, Б, Е	30	С Б	12	10	ЕСЯГ	1	0,8	170
	2022	8С2Б	56	С Б	15 15	15 14	ЕСЯГ	3	0,6	200
Зона среднего поражения Medium damage zone										
16	1996	10С	30	С	11	12	СРTP	2	1,0	190
	2022	10С	56	С	20	21	СРTP	2	1,0	563
Зона слабого поражения The zone of weak defeat										
32	2017	10С+Б	52	С	20	18	СЯГ	1	1,0	380
	2022	10С+Б	57	С	21	20	СЯГ	1	1,0	400
Контроль Control										
47	2004	9С1Л	41	С Л	18	14	СРTP	1	1,0	340
	2022	9С1Л	59	С Л	20 20	20 14	СРTP	1	1,0	462

Оценка санитарного состояния лесных насаждений на пробных площадях определялась по вычисленной средневзвешенной категории санитарного состояния элементов древостоя, а затем всего лесного насаждения в целом (Правила санитарной безопасности в лесах, 2020).

Анализ данных табл. 2 показал, что в зоне сильного поражения категория санитарного состояния деревьев сосны обыкновенной чуть ниже, чем у деревьев березы повислой. На 5 пробной площади у части деревьев наблюдается уменьшение прироста, наличие ажурной или разреженной кроны, имеются засохшие ветви. В целом категория санитарного состояния сосняка в зоне сильного поражения равна 1,9. Это соответствует по шкале

определения санитарного состояния лесных насаждений ослабленному лесному насаждению.

В зоне среднего поражения аэропромвыбросами категория санитарного состояния сосняка равна 1,3, что характеризует его как лесное насаждение без признаков ослабления в соответствии со шкалой определения санитарного состояния лесных насаждений.

В зоне слабого поражения промышленными поллютантами категория санитарного состояния деревьев сосны обыкновенной равна 2, а у деревьев березы повислой – 1,3. Средневзвешенная категория санитарного состояния лесного насаждения 2. В лесном насаждении на данной пробной площади достаточно большое количество деревьев сосны

обыкновенной с диаметром на высоте 1,3 м от 4 до 10 см, отнесенных к категории 5г (старый сухой) и 5д (старый ветровал).

В фоновых условиях категория санитарного состояния у деревьев сосны обыкновенной и лиственницы равна 1,8 и 1,4 соответственно. В целом это насаждение без признаков ослабления.

Выводы

1. При длительном воздействии промышленных поллютантов в зоне сильного поражения наблюдается значительное снижение производительности сосновых насаждений и замещение сосны обыкновенной березой повислой. В зоне сильного поражения сосняки характеризуются низким приростом таксационных показателей.

2. В зонах среднего, слабого поражения и фоновых условиях в ходе исследования установлено, что значения среднего диаметра и средней высоты почти одинаковы, а полнота и класс бонитета за рассматриваемый период остались неизменными.

3. Сосняки в зоне сильного и слабого поражения относятся к ослабленным насаждениям, в зонах среднего поражения и в фоновых условиях – к лесным насаждениям без признаков поражения.

Таблица 2

Table 2

Средневзвешенные категории состояния по элементам леса и лесных насаждений на пробных площадях
Weighted average categories of the condition by elements of the forest and forest plantations on the test areas

№ ПП № TP	Элемент леса Elements of the forest	Средний класс санитарного состояния Middle class sanitary condition
5	С	1,9
	Б	1,7
	8С2Б	1,9
16	С	1,3
	10С	1,3
32	С	2,0
	Б	1,3
	10С + Б	2,0
47	С	1,4
	Л	1,8
	9С1Л	1,4

Список источников

Астафьева О. М. Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках на территории Первоуральско-Ревдинского промузла (южная подзона тайги Урала) : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.03 / Астафьева О. М. Екатеринбург, 2006. 182 с.

Астафьева О. М. Влияние промышленных выбросов на подстилку сосняков в различных зонах поражения // Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения : сб. науч. ст. по матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 139–142.

Залесов С. В., Бачурина А. В., Бачурина С. В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления : учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017.

Основы фитомониторинга / *Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, А. Г. Магасумова, Р. А. Осипенко.* Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2020. 90 с.

Правила санитарной безопасности в лесах, утв. Постановлением Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047. URL: <https://consultant.ru> (дата обращения: 10.04.2023).

Тарханов С. Н., Прожерина Н. А., Коновалов В. Н. Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения: диагностика состояния. Екатеринбург : УрО РАН, 2004. 333 с.

Торлопова Н. В., Робакидзе Е. А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). Екатеринбург : УрО РАН, 2003. 142 с.

- Щекалев Р. В., Тарханов С. Н. Радиальный прирост и качество древесины сосны обыкновенной в условиях атмосферного загрязнения. Екатеринбург : УрО РАН, 2006. 128 с.
- Фимушин Б. С. Влияние промышленных выбросов на текущий прирост сосновых древостоев // Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск, 1988. Вып. 14. С. 116–122.
- Юсупов И. А., Луганский Н. А., Залесов С. В. Состояние искусственных сосновых молодняков в условиях аэропромвыбросов. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. акад., 1999. 185 с.

References

- Astafieva O. M. Forestry efficiency of care felling in settlements on the territory of the Pervouralsko-Revdinsky industrial complex (southern subzone of the taiga of the Urals) : dis. ... Candidate of Agricultural Sciences : 06.03.03 / Astafyeva O. M. Yekaterinburg, 2006. 182 p.
- Astafyeva O. M. The influence of industrial emissions on the litter of pine forests in various affected areas // Forestry: actual problems and ways to solve them : A collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian (national) Scientific and Practical conference. Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2022. P. 139–142. (In Russ.)
- Fundamentals of phytomonitoring / N. P. Bunkova, S. V. Zalesov, A. G. Magasumova, R. A. Osipenko. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020. 90 p.
- Zalesov S. V., Bachurina A. V., Bachurina S. V. The state of forest plantations affected by industrial pollutants of CJSC “Karabashmed” and the reaction of their components to felling : textbook. Yekaterinburg : Ural. gos. lesotechn. un-t, 2017. URL: <https://consultant.ru> (accessed: 10.04.2023).
- Rules of sanitary safety in forests, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation № 2047 of December 9, 2020. (In Russ.)
- Tarkhanov S. N., Prozherina N. A., Konovalov V. N. Forest ecosystems of the Northern Dvina basin under conditions of atmospheric pollution : diagnostics of the state. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2004. 333 p.
- Torloпова N. V., Robakidze E. A. Influence of pollutants on coniferous phytocenoses (on the example of Syktyvkar timber complex). Yekaterinburg : UrO RAS, 2003. 142 p.
- Fimushin B. S. The impact of industrial emissions on the current growth of pine stands // Forests of the Urals and the economy in them. Sverdlovsk, 1988. Issue. 14. P. 116–122. (In Russ.)
- Shchekalyov R. V., Tarkhanov S. N. Radial growth and quality of pine wood in conditions of atmospheric pollution. Yekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006. 128 p.
- Yusupov I. A., Lugansky N. A., Zalesov S. V. The state of artificial pine young trees in the conditions of aeroprom emissions. Yekaterinburg : Ural Forest Engineering Academy, 1999. 185 p.

Информация об авторах

О. М. Астафьева – кандидат сельскохозяйственных наук;
А. М. Астафьев – студент.

Information about the authors

O. M. Astafieva – Candidate of Agricultural Sciences;
A. M. Astafyev – student.

Статья поступила в редакцию 13.04.2023; принята к публикации 12.05.2023.
The article was submitted 13.04.2023; accepted for publication 12.05.2023.