

## СОСТОЯНИЕ РУДНИЧНОГО СОСНОВОГО БОРА Г. КЕМЕРОВО

*Н. Г. Романова, О. А. Кулакова, А. Ю. Москаленко*

## THE STATE OF RUDNICHNY PINE FOREST IN KEMEROVO

*N. G. Romanova, O. A. Kulakova, A. Yu. Moskalenko*

Данная работа является частью комплексных мониторинговых исследований по состоянию Рудничного соснового бора г. Кемерово. В статье обобщены сведения о его исследовании с 1990-х годов. Для основного лесобразующего вида впервые приведены биометрические данные, оценка жизнеспособности отдельных экземпляров и древостоя в целом, а также оценена степень индивидуальной изменчивости признаков строения хвои. Жизненное состояние древостоя характеризуется как сильно поврежденное. Выявлены видоспецифические и индикаторные признаки строения хвои.

This work is part of the integrated monitoring studies of the state of Rudnichny pine forest, Kemerovo. The paper summarizes the research data since the 1990s. The following research data of the main species forming forest are presented for the first time: the biometric data, the assessment of the single specimen and growing stock vitality, and the estimation of the degree of needles structure individual variability. The vital status of the forest stand is characterized as severely damaged. The species-specific and indicative signs of needles structure are identified.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, жизненное состояние, городской лес, анатомическое строение хвои, однолетняя хвоя, индивидуальная изменчивость.

**Keywords:** pine, vital status, urban forest, anatomical structure of pine needles, annual needles, individual variability.

Зеленые насаждения являются неотъемлемыми элементами всех функциональных зон города. Очень часто зеленые насаждения в городах создаются на основе естественных массивов [20], выполняющих средообразующую, санитарно-гигиеническую и социальную функции [18].

Степень антропогенной нагрузки на атмосферу, почву, источники воды в г. Кемерово в последние годы существенно не изменяется [14], и среда обитания жителей промышленного центра остается «кризисной» [8]. В связи с этим проблема оздоровления окружающей среды путем сокращения имеющихся и создания новых систем озеленения не теряет своей актуальности.

Сосновый бор, расположенный в г. Кемерово на правом берегу р. Томи (рис.), – лес естественного происхождения, который представляет собой островки ленточных прибрежных сосновых боров, располагавшихся по всему правобережью реки, излюбленное место отдыха горожан [18]. С восточной и западной сторон сосновый бор граничит с автотрассами, а северной и южной – с частным сектором Рудничного

района г. Кемерово. В настоящее время на территории бора находятся спортивные объекты и оборудованные зоны отдыха [2].

В Рудничном сосновом бору проводились фрагментарные исследования влияния аэротехногенного загрязнения и рекреационной нагрузки на растительность [2; 5; 17; 18].

Основным лесобразующим видом в бору является *Pinus sylvestris* L. [7]. Этот вид часто используется в озеленении населенных пунктов и выбирается в качестве биоиндикатора состояния окружающей среды [3].

Биоиндикационные свойства наиболее ярко проявляются у листьев растений, в том числе и у хвойных. Структура листа тесно связана с физиологической деятельностью растительного организма и отражает многогранные особенности его эволюции и экологии [4]. Значение анатомического исследования строения листа состоит в том, что с его помощью можно глубже понять адаптационные изменения, которые, прежде всего, имеют количественный характер [15].



Рис. Рудничный сосновый бор в г. Кемерово (источник рисунка: <http://maps.2gis.ru/>, с изменениями)  
● – местоположение модельной площадки

Цель данной работы – обобщить сведения об исследовании Рудничного соснового бора в г. Кемерово за последние 22 года.

Объект исследования – сосна обыкновенная – дерево 20 – 40 м высотой, живет 300 – 400 лет. Светолюбивое растение, засухоустойчивое, не газоустойчивое [6]. Возраст исследуемых растений – 100 – 130 лет.

Район исследования располагается внутри естественного ареала сосны обыкновенной. Климат резкоконтинентальный с разграниченными сезонами. Отличительные черты климата – жаркое и короткое лето, холодная и многоснежная зима с умеренными, иногда сильными ветрами и метелями, переходные периоды непродолжительны [10]. Рельеф территории, занимаемой Рудничным сосновым бором, холмисто-рядовой, сильно пересеченный, характеризуется разнообразным по составу почвенным покровом. Почвы подзолистые, влажные, сформированы на четвертичных элювиально-делювиальных некарбонатных бурых тяжелых суглинках и глинах [12].

Оценку жизненного состояния проводили в 2012 г. по методике В. А. Алексеева [1]. На модельной площадке (3000 м<sup>2</sup>, в северо-восточной части бора) (рис.) были выбраны 100 экземпляров. Оценивали жизненное состояние отдельных деревьев, древостоя по объему древесины и по числу деревьев, а также меру поврежденности древостоя.

Сбор хвои осуществляли также в 2012 г. С 10 деревьев собирали по пять хвоинок. Анатомирование хвои проводили с помощью традиционных методов

световой микроскопии [19], изготавливали микрофотографии цифровой камерой для микроскопа MYScore 500M, измеряли микрообъекты в программе ScorePhoto.

Математическую обработку данных проводили в программе Statistica с помощью методов описательной статистики, дисперсионного и корреляционного анализов, для характеристики индивидуальной изменчивости строения хвои у разных деревьев рассчитывали коэффициент вариации (CV, %).

Анализ работ прошлых лет по состоянию Рудничного соснового бора показал следующее.

По данным С. Г. Возмиловой и Г. И. Яковлевой [5] растительность опушечного комплекса находилась в сильно угнетенном состоянии. И. В. Тарасова [18] отмечала, что растительный покров городского паркового леса относится к средне нарушенным лесным биоценозам, что проявляется в потере аборигенных видов и популяций травянистых растений.

Растения, произрастающие в Рудничном сосновом бору г. Кемерово, напрямую подвержены вредному влиянию выбросов автомобильного транспорта. Большой вред наносят пыль (распыляемый в воздухе асфальт и бетон дорог, резина покрышек автомобилей) и сажа. Они сильно ослабляют газообмен, процессы дыхания и ассимиляции, вызывают угнетение растений и ослабление их роста [9].

В последнее время бор подвергается все более интенсивной рекреационной нагрузке и практически ежегодным весенним пожарам, что приводит к изреживанию древостоя, нарушению средостабилизи-

рующих, санитарно-гигиенических и социальных функций бора, а также к потере видов и популяций травянистых растений.

Так, в 2008 году изучалось влияние рекреационной нагрузки на состояние соснового бора в благоустроенных зонах отдыха [2]. Были сделаны выводы о том, что в благоустроенных зонах отдыха лесное сообщество полностью разрушено. Существует угроза полной рекреационной деградации Рудничного соснового бора.

Изучалось влияние выбросов автомобильного транспорта на энтомофауну и растительность Рудничного бора. Было подтверждено негативное воздействие этого вида загрязнения на биоценоз [17].

Оценка жизненного состояния отдельных деревьев позволила разделить их на три группы: половина

(52 %) всех экземпляров сильно повреждены (балл 3), треть (34 %) – ослаблены (балл 2), остальные (14 %) – отмирающие (балл 4). Здоровых деревьев не обнаружено, сухой встречился в единственном экземпляре.

Анализ биометрических данных (табл. 1) показал, что в среднем исследуемые деревья были высотой 9,4 м, обхват ствола составлял 1,6 м, диаметр – 0,5 м, объем древесины – 0,86 м<sup>3</sup>.

Мы сравнили биометрические характеристики у деревьев с различным жизненным состоянием с помощью дисперсионного анализа.

Так, высота ствола составляла от 9,23 м у сильно поврежденных до 10,39 м у отмирающих деревьев. Дисперсионный анализ не выявил достоверных отличий между этими значениями.

Таблица 1

Значения биометрических показателей исследуемых деревьев

Параметры	Балл жизненного состояния дерева			Средние значения
	2 (ослабленные)	3 (сильно поврежденные)	4 (отмирающие)	
Число деревьев, шт.	34	52	14	–
Высота дерева, м	9,38 ± 0,29	9,23 ± 0,22	10,39 ± 0,66	9,40 ± 0,20
Периметр ствола, м	1,77 ± 0,06	1,55 ± 0,04	1,48 ± 0,05	1,61 ± 0,03
Диаметр ствола, м	0,56 ± 0,02	0,49 ± 0,01	0,47 ± 0,02	0,50 ± 0,01
Объем древесины, м <sup>3</sup>	1,03 ± 0,07	0,78 ± 0,05	0,77 ± 0,05	0,86 ± 0,04
Суммарный объем древесины, м <sup>3</sup>	35,04 ± 0,07	40,46 ± 0,05	10,75 ± 0,07	–

Примечание: прочерк означает, что значение для данного признака не вычислялось.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции (r) для жизненного состояния и биометрических признаков древесины сосны обыкновенной

Параметры	Жизненное состояние	Объем древесины	Высота дерева	Диаметр ствола	Обхват ствола
Жизненное состояние	1,00				
Объем древесины	<b>-0,28</b>	1,00			
Высота дерева	0,13	<b>0,41</b>	1,00		
Диаметр ствола	<b>-0,36</b>	<b>0,89</b>	-0,02	1,00	
Обхват ствола	<b>-0,36</b>	<b>0,89</b>	-0,02	<b>1,00</b>	1,00

Примечание: жирным выделены достоверные значения коэффициентов корреляции.

Ослабленные деревья характеризовались максимальными, а отмирающие – минимальными значениями таких признаков как обхват и диаметр ствола на высоте 1,3 м и объем древесины (1,77 м, 0,56 м, 1,03 м<sup>3</sup> и 1,48 м, 0,47 м, 0,77 м<sup>3</sup>, соответственно). Промежуточные значения этих признаков отмечали для сильно поврежденных деревьев. Достоверные отличия значений указанных признаков были получены только для деревьев с баллом 2.

Доля влияния жизненного состояния на перечисленные параметры древесины составила от 5 до 15 %.

Корреляционный анализ показал, что обхват ствола прямо коррелирует с диаметром ствола (r = 1,00) и объемом древесины (r = 0,89), т. е. чем толще дерево, тем больше его обхват и больше объем древесины.

Объем древесины прямо коррелирует с высотой дерева (r = 0,41) и диаметром и обхватом ствола (r = 0,89). Эти признаки отрицательно коррелируют с жизненным состоянием деревьев: чем лучше жизненное состояние, тем больше значение диаметра и обхвата ствола (r = -0,28 – -0,36). В целом метрические параметры ствола сильнее зависят друг от друга, чем от жизненного состояния дерева (табл. 2).

В целом, деревья с лучшим жизненным состоянием (с баллом 2) имели больший запас древесины по сравнению с остальными группами за счет большей толщины стволов, очевидно потому, что у них, как у более здоровых представителей древостоя, радиальный прирост древесины выражен лучше.

Относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное с учетом запаса древесины в древостое составило 48 %, что соответствует оценке древостоя как сильно ослабленный (сильно поврежденный). Аналогичные результаты по состоянию хвойных древесных насаждений в различных районах г. Кемерово описываются в работе Л. Н. Ковригиной и Л. О. Петункиной [11]. Хотя такое жизненное состояние в естественном лесу и городских насаждениях может быть обусловлено различными факторами.

В. А. Алексеев [1] в описании своей методики делает акцент на то, что расчеты жизненности древостоя по числу деревьев менее точны по сравнению с расчетами по объему древесины. Наши результаты оказались сопоставимы. Очевидно, потому, что в данном лесу деревья сосны обыкновенной примерно одного возраста.

Мы оценили также меру поврежденности древостоя с учетом объема древесины. Она равна 52,2 %, что соответствует сильной степени повреждения.

Таким образом, деревья с лучшим жизненным состоянием характеризовались большим запасом древесины по сравнению с деревьями худшего жизненного состояния за счет большей толщины стволов, что подтвердилось данными дисперсионного и корреляционного анализов. Оценка жизненного состояния деревьев сосны обыкновенной на пробной площадке Рудничного бора позволила разделить их на 3 группы: ослабленные, сильно поврежденные и отмирающие. Большинство деревьев относятся ко второй группе. Значения индексов жизненности древостоя, рассчитанных двумя способами, а также степени поврежденности древостоя оказались сопоставимы и соответствуют сильной степени повреждения древостоя.

Строение хвои объекта исследования соответствует типичному для данного вида [13].

В среднем малый и большой диаметры хвоинки составляли 0,60 и 1,21 мм, периметр – 3,16 мм, а площадь хвоинки в поперечном сечении – 0,59 мм<sup>2</sup>.

Толщина кутикулы составляла 0,01 мм, под кутикулой располагается эпидерма, а под ней – гиподерма, толщины которых составляли 0,02 и 0,01 мм, соответственно. В углах хвоинки гиподерма состояла из двух слоев.

Под гиподермой находится мезофилл, состоящий из однородных клеток. Стенки клеток местами врастают в полость клетки, образуя складчатую паренхиму (складчатый мезофилл), радиус которой 0,14 мм, а площадь 0,28 мм<sup>2</sup>.

Смоляные ходы, пронизывающие складчатую паренхиму, округлой формы, и в верхней части хвои их больше, чем в нижней. В среднем хвоинка содержит 9–10 смоляных ходов, диаметр которых по 0,08 мм.

Проводящие пучки (2 штуки) коллатерального типа, площадью по 0,02 мм. При этом размеры отдельных проводящих тканей в них составили 0,04–0,05 мм. Между проводящими пучками расположена

механическая ткань – склеренхима, толщина которой в поперечном сечении 0,11 мм и площадь 0,04 мм<sup>2</sup>. Вокруг склеренхимы и проводящих пучков располагается трансфузионная паренхима, которая делится на верхнюю и нижнюю, толщиной по 0,05–0,06 мм и общей площадью 0,09 мм<sup>2</sup>.

Мы оценили степень индивидуальной изменчивости признаков строения хвои у разных деревьев. Так малый и большой диаметр, периметр хвоинки, а также диаметр смоляных ходов, толщина мезофилла и периметр обкладки характеризовались низкой изменчивостью (CV меньше 10 %). Среднюю степень изменчивости отмечали у таких признаков как толщина кутикулы, гиподермы, проводящих тканей, число смоляных ходов, а также площади хвоинки, мезофилла, жилки, склеренхимы, паренхимы и проводящих пучков, (CV от 10 до 25 %). Толщина нижней паренхимы в жилке являлась сильно изменчивым признаком (CV = 29,86 %). Стабильность значений признаков строения органов характерна для таксономических признаков, устойчивых к внешним воздействиям и формирующихся на более ранних этапах морфогенеза, а сильное варьирование – для экологических индикаторов – признаков, изменяющихся даже при слабых внешних воздействиях [16].

В целом строение хвои *P. sylvestris*, произрастающей в Рудничном бору г. Кемерово, типично для данного вида. Оценка степени индивидуальной изменчивости признаков строения однолетней хвои показала, что наиболее стабильными являются значения линейных размеров хвоинки, смоляных ходов, складчатого мезофилла и эндодермы. Очевидно, эти признаки видоспецифичны. Толщина кутикулы, гиподермы, флоэмы, ксилемы, число смоляных ходов и площади хвоинки в целом и отдельных ее тканей характеризовались средней изменчивостью. Максимально варьировал радиус нижней трансфузионной паренхимы в жилке. Эти признаки могут являться индикаторными.

Таким образом, в Рудничном сосновом бору проводились фрагментарные исследования влияния различных факторов среды, а оценка жизненного состояния древостоя проводилась впервые в 2012 году. Деревья с лучшим жизненным состоянием характеризовались большим запасом древесины по сравнению с деревьями худшего жизненного состояния за счет большей толщины стволов, что подтвердилось данными дисперсионного и корреляционного анализов. Древостой в лесном массиве поврежден в сильной степени, как и в городских насаждениях. Анализ анатомического строения хвои показал, что значения линейных размеров хвоинки, смоляных ходов, складчатого мезофилла и эндодермы являются видоспецифичными, а толщина кутикулы, гиподермы, флоэмы, ксилемы, число смоляных ходов и площади хвоинки в целом и отдельных ее тканей – индикаторными.

## Литература

1. Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51 – 57.

2. Атаманова, О. К. Изучение влияния рекреационной нагрузки на состояние Рудничного соснового бора в благоустроенных зонах отдыха / О. К. Атаманова, М. А. Изотова. – Режим доступа: <http://gorsun.org.ru/lib/children/researcher09/recreation/> (дата обращения: 10.05.2013).
3. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
4. Васильев, Б. Р. Строение листа древесных растений различных климатических зон / Б. Р. Васильев. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1988. – 208 с.
5. Возьмилова, С. Г. Оценка современного состояния опушечного комплекса Рудничного бора г. Кемерово / С. Г. Возьмилова, Г. И. Яковлева // Студенты и молодые ученые Кемеровского гос. ун-та – 40-летию КГПИ–КемГУ: тез. докл. в 2 ч. – Ч. 2. – Кемерово, 1994. – С. 45.
6. Встовская, Т. Н. Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада / Т. Н. Встовская, И. Ю. Коропачинский. – Новосибирск: СО РАН, 2005. – 255 с.
7. Городские леса г. Кемерово / Департамент лесного комплекса по Кемеровской области. – Кемерово, 2004. – С. 24 – 40.
8. Здоровье населения и окружающая среда г. Кемерово. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. – 227 с.
9. Игнатович, Н. И. Чем опасен транспорт для людей, животных и растений / Н. И. Игнатович, Н. Г. Рыбальский. – М.: РЭФИА, 1996. – 71 с.
10. Климат Кемерово / под ред. С. Д. Кошинского. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 168 с.
11. Ковригина Л. Н. Хвойные породы в городской среде / Л. Н. Ковригина, Л. О. Петункина // Вестн. Ир-ГСХА, 2011. – Вып. 44. – С. 73 – 80.
12. Куминова, А. В. Растительность Кемеровской области: ботанико-географическое районирование / А. Я. Куминова, В. В. Ревердатто. – Новосибирск: [б. и.], 1949. – 167 с.
13. Лотова, Л. И. Ботаника: морфология и анатомия высших растений: учебник / Л. И. Лотова. – М.: Ком-книга, 2007. – 512 с.
14. Материалы к государственному докладу о состоянии окружающей среды Кемеровской области в 2011 году. – Режим доступа: [gospoklad.kuzbasseco.ru/2011/](http://gospoklad.kuzbasseco.ru/2011/) (дата обращения: 25.03.2013).
15. Нестерович, Н. Д. Структурные особенности листьев хвойных / Н. Д. Нестерович, Т. Ф. Дерюгина, А. И. Лучков. – Минск: Наука и техника, 1986. – 143 с.
16. Ростова, Н. С. Изменчивость системы корреляций морфологических признаков. 2. Популяции видов рода *Leucanthemum* (*Asteraceae*) в природе и в условиях культивирования / Н. С. Ростова // Бот. журн. – 2000. – Т. 85. – № 1. – С. 46 – 67.
17. Семенова, А. Влияние выбросов автомобильного транспорта на энтомофауну и растительность Рудничного соснового бора города Кемерово / А. Семенова, Г. Милахина, А. Урицкая. – Режим доступа: <http://gorsun.org.ru/lib/children/earth/automoto/> (дата обращения: 10.05.2013).
18. Тарасова, И. В. Оценка антропогенной нарушенности растительного покрова городского паркового леса / И. В. Тарасова // Проблемы социального прогресса Сибири. – Красноярск, 1991. – С. 39.
19. Фурст, Г. Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей / Г. Г. Фурст. – М.: Наука, 1979. – 155 с.
20. Цинин, Н. В. Задачи ботанических садов в области охраны природы / Н. В. Цинин // Бюл. ГБС. – 1972. – Вып. 84. – С. 3 – 6.

#### Информация об авторах:

**Романова Наталья Геннадьевна** – научный руководитель, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники КемГУ, 8(3842)58-01-66, [sorbus@ngs.ru](mailto:sorbus@ngs.ru).

**Natalia G. Romanova** – research advisor, Candidate of Biology, Assistant Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

**Кулакова Ольга Александровна** – студентка кафедры ботаники КемГУ, [Vershinina92@bk.ru](mailto:Vershinina92@bk.ru).

**Olga A. Kulakova** – student at the Department of Botany, Kemerovo State University.

**Москаленко Анна Юрьевна** – студент кафедры ботаники КемГУ, [nuta\\_421263@mail.ru](mailto:nuta_421263@mail.ru).

**Anna Yu. Moskalenko** – student at the Department of Botany, Kemerovo State University.