

## Использование сосны обыкновенной в качестве фитоиндикатора состояния атмосферы в г. Искитим

*А. А. Тунаева<sup>1</sup>, В. Е. Гарный<sup>1</sup>, М. В. Якутин<sup>2,3\*</sup>*

<sup>1</sup> Новосибирский государственный медицинский университет, г. Новосибирск,  
Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>3</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация

\* e-mail: yakutin@issa-siberia.ru

**Аннотация.** Проведенное исследование показало, что степень загрязненности воздушной среды даже в городе с «высоким» загрязнением напрямую зависит от присутствия в значительном количестве древесных растений. Зеленые насаждения паркового характера снижают уровень загрязнения. В настоящем исследовании удалось продемонстрировать, что методы фитоиндикации, даже в очень простом, не требующим специальных инструментов и обученного персонала виде, могут успешно использоваться в качестве мониторинговых показателей качества воздушной среды в городских условиях. Для упрощения работы по учету предложено подсчитывать отдельно степень повреждения поверхности и степень усыхания хвоинок сосны обыкновенной.

**Ключевые слова:** фитоиндикация, сосна обыкновенная, хвоя, мониторинг

## The use of scots pine as a bioindicator of the state of the atmosphere in Iskitim

*A. A. Tunaeva<sup>1</sup>, V. E. Garnii<sup>1</sup>, M. V. Yakutin<sup>2,3\*</sup>*

<sup>1</sup> Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>3</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: yakutin@issa-siberia.ru

**Abstract.** The study showed that the degree of air pollution, even in a city with "high" pollution, directly depends on the presence of a significant number of woody plants. Green spaces of a park nature reduce the level of pollution. In this study, it was possible to demonstrate that phyto-indication methods, even in a very simple form that does not require special tools and trained personnel, can be successfully used as monitoring indicators of air quality in urban conditions. To simplify the accounting work, it is proposed to calculate separately the degree of damage to the surface and the degree of drying of the needles of the common pine.

**Keywords:** phyto-indication, scots pine, needles, monitoring

### *Введение*

Фитоиндикация – это оценка качества природной среды по состоянию растений. В фитоиндикации активно используются две группы методов: пассивный и активный мониторинг. В первом случае у свободноживущих растений определяются видимые или слабозаметные повреждения или отклонения от нормы,

оцениваемые, как признаки стрессового воздействия. В процессе активного мониторинга используются тест-растения, находящиеся в стандартизированных условиях на исследуемой территории [1, 2].

В настоящее время чаще всего применяются методы фитоиндикации, связанные с морфологическими изменениями высших растений, что определяется в первую очередь незначительными трудозатратами при наблюдении и учете. Важное значение также имеет простота подобных методик, не требующих специальных лабораторий и профессионального обученного персонала. Разработана система морфологических фитоиндикаторов, позволяющая оценивать стрессовые факторы при низких и при высоких дозах кратковременного и длительного воздействия [1, 3–18].

Среди морфологических признаков лиственных растений наиболее часто для целей фитоиндикации используются изменения окраски листьев. Например, хлороз (бледная окраска листьев) часто используется в качестве индикатора воздействия тяжелых металлов. Пожелтение краев листьев является индикатором воздействия хлоридов. Покраснение листьев у некоторых видов растений может свидетельствовать о воздействии оксидов серы. Побурение и побронзовение является свидетельством дымовых повреждений. Также важными индикационными признаками при фитоиндикации являются некрозы (отмирание ограниченных участков тканей листа или побега). При развитии некрозов у древесных растений на начальной стадии фиксируются изменения окраски, а после гибели клеток эпидермиса пораженные участки оседают, высыхают и часто окрашиваются в бурый цвет за счет выделения дубильных веществ. При развитии некроза у травянистых растений возможно появление беловатой окраски. Позднее в местах некроза могут появляться разрывы, сходные с погрызами и повреждениями градом. Количественная оценка при некрозном поражении происходит путем определения процента поврежденной поверхности к общей площади листа [19–20].

Еще одним важным показателем в фитоиндикации является дефолиация (опадение листьев и хвои). Результатом дефолиации является сокращение общей площади листвы, что приводит к сокращению прироста и, иногда – к растрескиванию почек и преждевременному образованию новых побегов. К показателям фитоиндикации также относятся изменения формы, количества и положения листьев, побегов, корней [19, 21].

Цель настоящего исследования состояла в оценке применимости метода фитоиндикации (состояние хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.) для целей экологического мониторинга в условиях г. Искитим Новосибирской области.

### **Методы и материалы**

Показано, что в условиях лесной и лесостепной зон России наиболее чувствительной к загрязнению воздуха является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Поэтому сосна часто выступает в качестве индикатора качества воздушной среды, принимаемого за «эталон биодиагностики». Наиболее информативными являются морфологические, анатомические изменения и продолжительность жизни хвои сосны обыкновенной. При постоянном загрязнении терри-

торий диоксидом серы (что наблюдается в населенных пунктах и вдоль дороги) отмечаются повреждения и преждевременное опадение хвои. На незагрязненных территориях основная масса хвои сосны не имеет повреждений, и только небольшая часть хвоинок имеет следы усыхания.

Данная работа основана на оценке состояния загрязненности атмосферного воздуха с помощью биоиндикаторного тест-объекта – хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*). Для проведения исследования были выбраны достаточно молодые сосны на открытой местности, произрастающие в двух местообитаниях в черте г. Искитим Новосибирской области: сквер «Южный» и Юбилейный проспект вблизи школы МБОУ-СОШ №8. На каждом исследованном участке было выбрано 5 деревьев. На высоте около 150 см с каждого выбранного дерева собирались хвоинки. Хвоинки выбирались в возрасте 2–3 лет (с побегов второго или третьего года жизни). Всего на каждом участке было отобрано не менее 700 пар хвоинок. Проба хвои с каждой точки помещалась в отдельный бумажный пакет и подписывалась. В стационарных условиях хвоинки из каждой пробы анализировались для выявления степени повреждения хвои. Отмечалось наличие хлоротичных пятен, некротических точек, некрозов и т. д и по ним устанавливался класс повреждения [22–24].

### *Результаты и обсуждение*

В процессе оценки состояния отобранных образцов все хвоинки были разделены на 3 класса по степени повреждения поверхности: 1) без пятен, 2) несколько мелких пятен, 3) много мелких пятен или крупные пятна. По степени усыхания хвоинки подразделялись на 4 класса: 1) нет сухих участков, 2) кончик хвоинки усох на 2–5 мм, 3) хвоинка усохла до 1/3 своей длины 4) вся хвоинка сухая. При этом отдельно оценивалось наличие пятен и – усыхание хвоинок. В таблицах 1 и 2 приведены результаты определений.

*Таблица 1*

Повреждение поверхности хвоинок сосны обыкновенной

Место отбора образцов	Сквер «Южный»		Юбилейный проспект	
Отобрано пар хвоинок	751		778	
Класс повреждения	Кол-во	%	Кол-во	%
1	484	64	314	40
2	243	33	331	43
3	24	3	133	17
Поврежденных хвоинок, %	36		60	

В результате проделанной работы было установлено, что в сквере «Юбилейный» число поврежденных хвоинок с пятнами и некрозами составляет 36% от общего числа, а усохших хвоинок – 9 %. На проспекте Юбилейный число поврежденных хвоинок составляет 60 % от общего числа, что на 24 % больше, чем в сквере «Юбилейный». Усохших хвоинок – 20 %, что на 11 % больше, по сравнению с образцами, взятыми в сквере "Юбилейный".

## Усыхание хвоинок сосны обыкновенной

Место отбора образцов	Сквер «Южный»		Юбилейный проспект	
Отобрано пар хвоинок	751		778	
Класс повреждения	Кол-во	%	Кол-во	%
1	673	90	691	80
2	20	3	37	5
3	11	1	12	1
4	47	6	110	14
Поврежденных хвоинок, %	9		20	

По официальным данным среднегодовая концентрация взвешенных веществ в черте г. Искитим составила 1,6 ПДК, диоксида азота – 1,3 ПДК, а  $CO_2$  – 1,2 ПДК. Самая тревожная ситуация отмечена с бенз(а)пиреном. Среднегодовая концентрация этого загрязнителя по городу составила 5,2 ПДК, а максимальная концентрация отмечалась в зимний период (19,7 ПДК). В целом уровень загрязнения атмосферы г. Искитима оценен как «высокий». С 2014 по 2018 годы повысилось содержание взвешенных веществ, оксидов азота и сажи [25].

Несмотря на общее неблагоприятное состояние с качеством природной воздушной среды в г. Искитим, наличие древесных насаждений способствует значительному улучшению качества этой среды, но только в том месте, где компактно произрастают древесные культуры. Результаты проделанной работы позволили выявить значительные различия по характеру изменения в выбранном мониторинговом показателе в двух районах города.

### ***Заключение***

Таким образом, проведенное исследование показало, что степень загрязненности воздушной среды даже в городе с «высоким» загрязнением напрямую зависит от присутствия в значительном количестве древесных растений. Зеленые насаждения паркового характера снижают уровень загрязнения. В настоящем исследовании удалось продемонстрировать, что методы фитоиндикации, даже в очень простом, не требующим специальных инструментов и обученного персонала виде, могут успешно использоваться в качестве мониторинговых показателей качества воздушной среды в городских условиях. Для упрощения работы по учету предложено подсчитывать отдельно степень повреждения поверхности и степень усыхания хвоинок сосны обыкновенной.

### ***Благодарности***

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН. Финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем. – М.: Мир, 1988. – 346 с.
2. Семенкова И. Г., Соколова Э. С. Фитопатология. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003. – 480 с.

3. Неверова О. А. Биоэкологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха по состоянию древесных растений. – Новосибирск: Наука, 2001. – 119 с.
4. Неверова О. А. Ксерофитизация листьев древесных растений как показатель загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Кемерово) // Лесной журнал. – 2002, №3. – С.29–32.
5. Кавеленова Л. М. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи // Вестник СамГУ. – 2003, Вып. 2. – С. 182–191.
6. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. – СПб.: Наука, 2005. – 339 с.
7. Якубов Х. Г., Николаевский В.С. Система методов фитоиндикации загрязнения среды и состояния наземных экосистем для целей мониторинга // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов (Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности). – 2006, №2. – С. 92–95.
8. Чертко Н. К. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистемы // География и природные ресурсы. – 2007, №1. – С. 165–166.
9. Шаркова С. Ю., Надеждина Е. В. Биоиндикация городской среды по морфологическим признакам древесных растений // Экология и промышленность России. – 2007, №9. – С. 48–49.
10. Линдиман А. В., Буймова С. А., Шведова Л. В., Куприяновская А. П. Уровень антропогенного воздействия на экосистемы как функция свойств растительных сообществ // Вестн. МИТХТ. – 2008, №6. – С. 67–74.
11. Коробова Н. Л. Методы визуальной биоиндикации загрязнения атмосферы в градостроительной экологии // Экологические системы и приборы. – 2009, №11. – С. 38–41.
12. Рассадина Е. В. Фитоиндикация состояния урбосистем // Вестн. Ульянов. гос. сельхоз. акад. – 2010, №2. – С. 22–26.
13. Хузина Г. Р. Влияние урбаносреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth) // Вестн. Удмурдского ун-та. – 2010, №6–3. – С. 53–57.
14. Шмидт С. В., Шмидт Х. Реакции растений разных жизненных форм на изменения природной среды // Балтийский регион. – 2011, №1. – С. 31–40.
15. Рахимов Т. У., Байсунов Б. Х., Хайридинов Д. Б. Фитоиндикация в оценке загрязнения промышленных зон // Вестник ВГУ, Серия: География, геоэкология. – 2014, №2. – С. 62–64.
16. Xingzhong Y., Hong L. Ecosystem health assessment; conceptual framework and selection of indicators // Chin. J. Appl. Ecol. – 2001. – 12, №4. – P. 627–629.
17. Kmi J., Ditmarova L. Bioindication of the conditions of functioning of the photosynthetic apparatus of beech (*Fagus sylvatica* L.) under stress // Ecology. – 2001. – 20, №2. – P. 200–208.
18. Kuni D., Rzepka M.-A., van Halen S. Introduction to biocontrol of plant and other components affecting air quality. Concept and prospects // Spectra anal. – 2008. – 37, №264. – P. 31–35.
19. Смирнов Н. Н. Биологические методы оценки природной среды. – М.: Наука, 1978. – 278 с.
20. Гладков Е. А. Влияние комплексного воздействия тяжелых металлов на растения мегаполисов // Экология. – 2007, №1. – С. 71–75.
21. Block J., S. H. Werner, Uwe V. The development of "loss of foliage" is a reliable indicator of viability // AFZ / Wald. – 2004. – 59, №8. – P. 431–432.
22. Мелехова О. П., Егорова Е. И. Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и биотестирование. – М.: Academia, 2007. – 288 с.
23. Ряскова К. А., Шмарина Я. Г. Биоиндикация качества атмосферного воздуха урбанизированной территории г. Волгограда по состоянию хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Science time. – 2016, №7 (31). – С. 196–202.
24. Алехина Г. П., Хардикова С. В., Верхошенцева Ю. П., Шамраев А. В. Биоиндикация качества атмосферного воздуха по состоянию хвои *Pinus sylvestris* L. в условиях города Орска Оренбургской области // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021, №2. Режим доступа: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2021/2/st>.
25. О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2018 году – Новосибирск, 2019 – 162 с.