

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА НОВОВОРОНЕЖА БИОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Е. Ю. Иванова

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 7 марта 2013 г.

Аннотация: Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) чрезвычайно чувствительна к загрязнению среды. В ходе исследований были использованы такие показатели как максимальный возраст хвои, степень повреждения и усыхания хвои второго года жизни. Также определяли содержание хлорофилла и фенольных соединений в хвое. Эти данные коррелируют с морфологическими параметрами. В целом степень загрязнения воздуха, прямо пропорциональна количественному изменению различных морфологических и физиологических признаков объектов биоиндикации. Предположительно установлен синергический эффект в зоне захоронения радиоактивных отходов.

Ключевые слова: биоиндикация, хлорофилл, фенольные соединения, степень повреждения и степень усыхания хвои.

Abstract: *Pinus sylvestris* L. is extremely sensitive to the pollution of the environment. The studies were based on such indicators as the maximum age of pine needles, the extent of damage and the withering of second year old needles. The content of chlorophyll and phenolic compounds in the needles were determined. These data correlate with the morphological parameters. In general, the degree of air pollution is directly proportional to the quantitative change of various morphological and physiological characteristics of objects of bioindication. Supposedly synergistic effect in the area of radioactive waste burial is determined.

Key words: bioindication, chlorophyll, phenolic compounds, the extent of damage and the degree of drying of needles.

В течение нескольких лет мы проводили исследование по фитоиндикационной оценке качества воздуха города Нововоронежа по биологическим показателям состояния хвои *Pinus Sylvestris*.

Городской округ город Нововоронеж расположен в южной части лесостепной зоны. Климатические условия района позволяют высаживать здесь широкий ассортимент древесно-кустарниковых пород характерных для Европейской части РФ и Воронежской области.

Обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования составляет около 9 м² на 1 жителя города.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха являются предприятия, расположенные вне селитебной зоны. На каждом предприятии разработаны и утверждены предельно-допустимые выбросы (ПДВ). В 2007 г. в городе зарегистрировано 22 промышленных организации, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

В ходе выполнения биоиндикационного исследования задействовано: 10 типологических точек

(рис. 1), в каждой из которых использовали 1 вид биоиндикатор (*Pinus sylvestris*) и 5 биоиндикационных признаков (максимальный возраст хвои, степень повреждения и усыхания хвои второго года жизни, концентрация хлорофилла и концентрация фенольных соединений в хвое). Исследования проводили летом 2010 и 2011 годов.

На местности выбирались сосны высотой 1-1,5 м с 8-15 боковыми побегами. Выборка хвои проводилась с двух близко растущих деревьев на площади примерно 10*10 м². В блокнот хода эксперимента вносились данные о месте сбора и информация о наличии в непосредственной близости интенсивного движения транспорта.

У каждого дерева проводили осмотр хвои предыдущего года (вторые сверху мутовки) (рис. 2). Высокие деревья обследовались на боковых побегах в четвертой сверху мутовке (рис. 2). Всего с каждого объекта было собрано по 50 пар (100) хвоинок, по 2 тест-объекта на участке. Более светлый шипик хвоинки не оценивался.

Согласно таблице 1, по степени повреждения и усыхания хвои выделяли несколько классов.

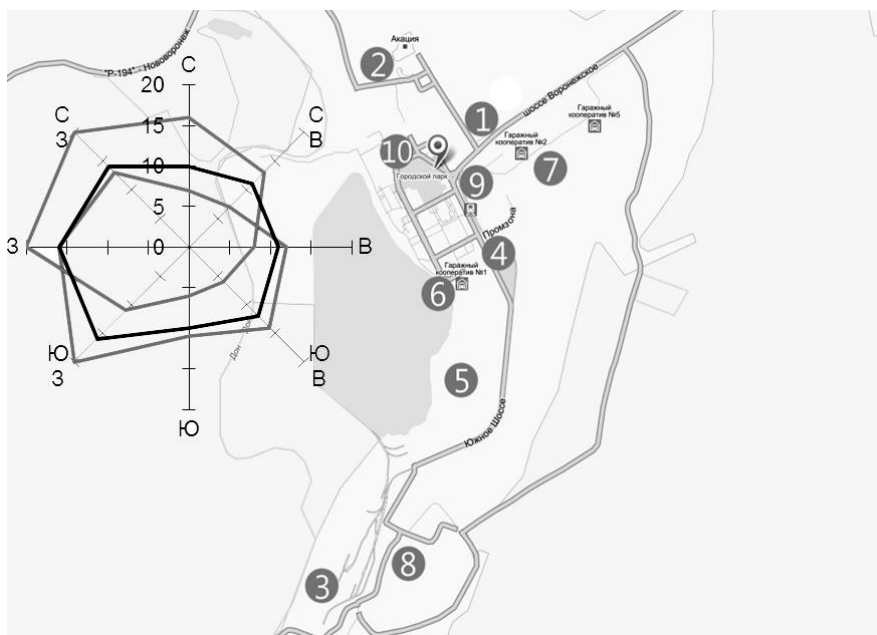


Рис. 1. Схема расположения точек отбора исследуемого материала

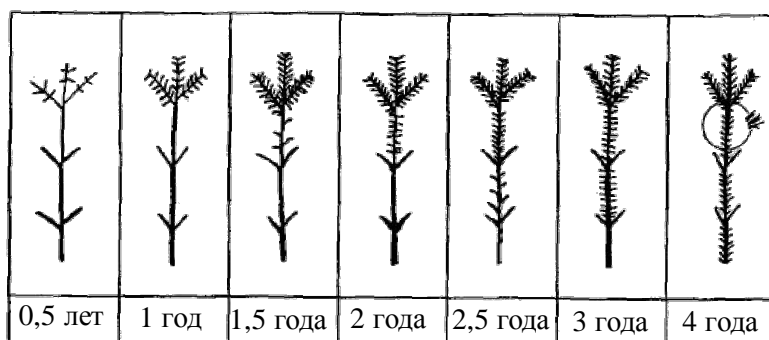


Рис. 2. Схема определения продолжительности жизни хвои

Таблица 1

Классы усыхания и повреждения хвои (Чавдарь, 2009 по [2])

Классы повреждения (некрозы)	1	2	3			
Классы усыхания	1	1	1	2	3	4

Классы повреждения: 1 – хвоинки без пятен; 2 – хвоинки с небольшим числом мелких пятен; 3 – хвоинки с большим числом черных и желтых пятен.

Классы усыхания: 1 – на хвоинках нет сухих участков; 2 – на хвоинках усох кончик 2-5 мм; 3 – усохла 1/3 хвоинки; 4 – вся или большая часть хвоинки сухая.

Оценка загрязнения воздуха (I-VI) с использованием сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris*)

Максимальный возраст хвои (год)	Класс повреждения хвои на побегах второго года жизни		
	I	I-II	III
4	I	I-II	III
3	I	II	III-IV
2	II	III	IV
2	-	IV	IV-V
1	-	IV	V-VI
1	-	-	VI

I – воздух идеально чистый; II – чистый; III – относительно чистый; IV – загрязненный; V – грязный; VI – очень грязный; – – невозможные сочетания.

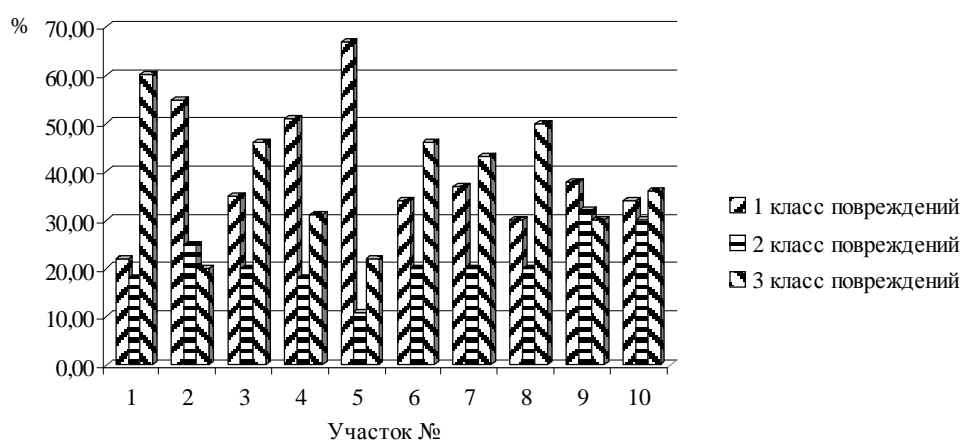


Рис. 3. Распределение хвои по классам повреждений

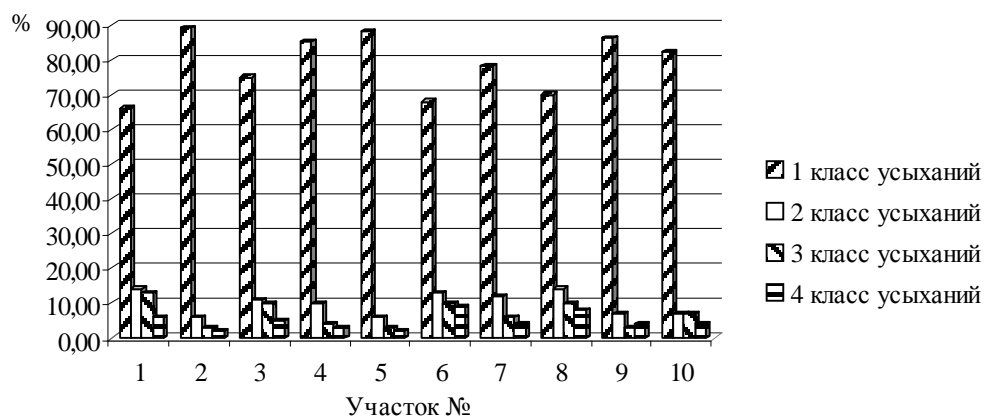


Рис. 4. Распределение хвои по классам усыхания

Согласно оценочной шкале (таблица 2), включающей возрастные характеристики хвои, а также классы повреждения хвои на побегах второго года жизни, была проведена оценка степени загрязнения воздуха.

По итогам проведенного исследования получены следующие результаты по биоиндикационным признакам хвои сосны обыкновенной, представленные на рис. 3 и 4.

На основе полученных данных можно оценить степень загрязнения атмосферного воздуха, используя шкалу зависимости классов усыхания и повреждения хвои от уровня загрязненности атмосферного воздуха (таблица 3).

Анализ таблицы 3 позволяет сделать следующее заключение.

1. В точках № 2, 4, 5 воздух «идеально чистый». Точки 2 и 4 находятся в рекреационных зонах го-

Таблица 3

Результаты оценки загрязнения атмосферного воздуха по состоянию сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)

Номер участка, №	Степень загрязнения атмосферы
1	IV – «загрязненный»
2	I – «идеально чистый»
3	III – «относительно чистый»
4	I – «идеально чистый»
5	I – «идеально чистый»
6	III-IV – от «относительно чистого» до «загрязненного»
7	III-IV – от «относительно чистого» до «загрязненного»
8	IV-V – от «загрязненного» до «грязного»
9	II – «чистый»
10	III – «относительно чистый»

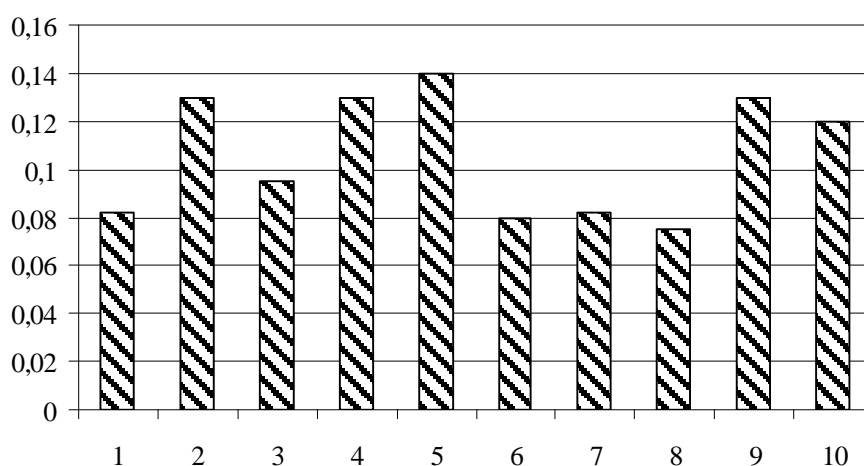


Рис. 5. Содержание хлорофилла в хвое сосны обыкновенной, мг/г

рода, соответственно удалены от основных источников загрязнения. Точка 5 располагается в пределах санитарно-защитной зоны городского водоканала, с особым охраняемым режимом.

2. В точках 3, 10 воздух «относительно чистый». Точка 10 находится на границе транспортной и рекреационной зон. Точка 3 удалена от города. На состав атмосферного воздуха эпизодически оказывает влияние только автотранспорт, обслуживающий городскую свалку.

3. На участках 6, 7 качество атмосферного воздуха находится в интервале от «относительно чистого» до «загрязненного». Участки расположены около гаражного кооператива, где происходит интенсивный выброс выхлопных газов автомобилей при маневрировании.

4. На участке 1 воздух относится к «загрязненному». Это обусловлено воздействием автотранспорта и выбросами мясокомбината. От цехов опалки в атмосферу выбрасываются окислы азота и

серы, сажа, аммиак. Коптильные цеха выбрасывают продукты неполного сгорания древесины, золу, сажу, сернистый ангидрид, фенол и пропионовый альдегид.

5. В точке 8 отмечен наивысший уровень загрязнения. Возможно, это связано с воздействием ионизирующего излучения от ХТРО (хранилища твердых радиоактивных отходов).

В дальнейшем изучали содержание хлорофилла в хвое сосны на всех точках отбора проб. Снижение содержания хлорофилла служит показателем стрессующего действия среды, так как растение вынуждено затрачивать энергию на адаптацию, что нарушает естественный ход метаболизма.

Наименьшее содержание хлорофилла отмечено в точке 8, которая характеризовалась наименее благоприятной в биоиндикационном исследовании по классам усыхания и повреждения хвои. Также низкое содержание хлорофилла было определено в точках 1, 6, 7, где по данным предыдущего исследова-

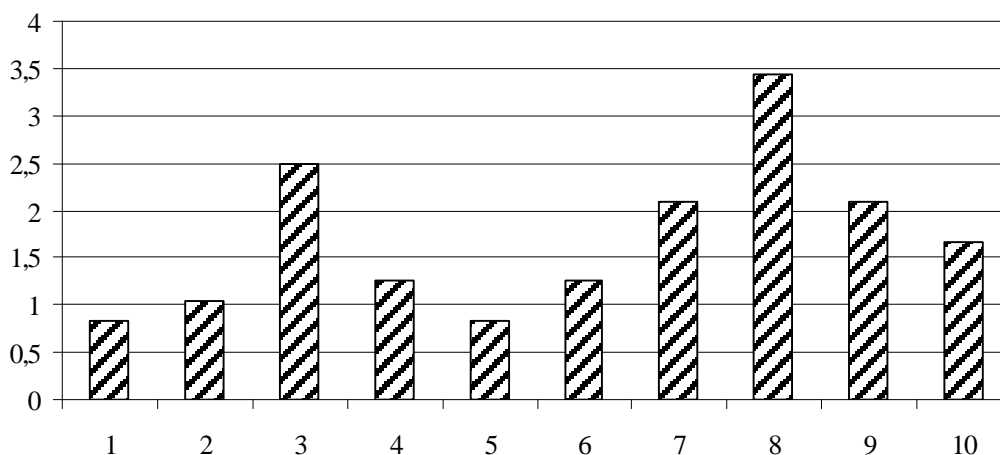


Рис. 6. Сумма фенольных соединений в хвое сосны обыкновенной

ния воздух характеризовался как «загрязненный». На рис. 5 показатели концентраций хлорофилла. Точки 2, 4, 5, 9, 10 отличаются более высоким содержанием хлорофилла, что согласуется с данными биоиндикационного исследования. В этих точках отмечалось наименьшее загрязнение воздуха.

Итак, можно отметить, что между результатами биоиндикационного исследования по морфологическим признакам и величиной концентрации хлорофилла установлена определенная корреляция.

Третье направление исследований связано с определением суммы фенольных соединений в хвое сосны обыкновенной. Данный класс химических соединений выполняет защитные функции в растениях, поэтому его высокая концентрация может свидетельствовать о неблагоприятном воздействии условий среды. Накопление фенольных соединений под влиянием стресса обеспечивают устойчивость вида. Они играют роль защитных барьеров на пути механических, химических, термических факторов среды, а также болезнетворных агентов.

Наибольшая сумма фенольных соединений отмечена в точке 8, а в точке 3 зарегистрирована высокая концентрация. Возможный путь поступления фенольных соединений в точку 3 связан с процессами разложения бытового мусора. Наименьшая концентрация наблюдается в точках 5 и 1, исследования которых иными методами также позволяют оценить атмосферный воздух в этих местах как «идеально чистый». Графически результаты представлены на рис. 6.

Биоиндикация загрязненности воздушной среды по состоянию различных показателей хвойных пород (в частности, сосны обыкновенной) за многие годы зарекомендовала себя как достаточно

информативный, объективный, не требующий значительных финансовых затрат метод.

Итак, состояние атмосферного воздуха г. Нововоронежа оценивается как благоприятное, что объясняется отсутствием крупных промышленных предприятий, меньшей интенсивностью транспортного потока, нежели в больших городах. Однако, наиболее неблагоприятной по всем биоиндикационным показателям оказалась точка 8. Видимое невооруженным глазом повреждение хвои подтвердили и лабораторные методы анализа. Снижение уровня хлорофилла наряду с повышением содержания фенольных соединений свидетельствует о хроническом стрессовом воздействии. Гипотетически его может оказывать спецпункт хранения радиоактивных отходов НВ АЭС. Несмотря на то, что радиационный фон данной территории находится в пределах нормы, длительное комплексное воздействие малых доз ионизирующего излучения и других источников загрязнения может давать эффект синергизма, угнетая естественные процессы метаболизма чувствительного вида.

Полученные данные также свидетельствуют, что степень загрязнения воздуха, как правило, прямо пропорциональна количественному изменению различных морфологических и физиологических признаков объектов биоиндикации. Результаты проведенного исследования, однако, не дают представлений о динамике состояния атмосферного воздуха во времени. Чтобы получить объективные материалы его изменений под антропогенным воздействием, можно было бы рекомендовать ввести биомониторинг атмосферного воздуха по состоянию хвои *Pinus Sylvestris* в систему регулярных наблюдений за состоянием окружающей среды в городе Нововоронеж и окрестностях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батоян В. В. Биогеохимическая оценка состояния природной среды (опыт разработки регионального анализа) / В. В. Батоян, В. С. Вшивцев, Н. С. Касимов // Труды биогеохимической лаборатории. – М., 1990. – Т. 21. – С. 108-124.

2. Березкина М. Г. Мониторинг состояния городской среды при помощи сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) как основного биоиндикатора / М. Г. Березкина // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. – М. : ИПЦ «Луч», 2010. – Вып. 12. – 390 с.

3. Генеральный план городского округа – город Нововоронеж / Администрация городского округа; город Нововоронеж. – 2009.

4. Игнатъева О. В. Элементный состав хвои и морфофизиологические показатели сосны обыкновенной

(*Pinus sylvestris* L.) в условиях техногенного загрязнения : автореф. дис. ... канд. биол. наук / О. В. Игнатъева. – Красноярск, 2005. – 18 с.

5. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда / Ю. З. Кулагин. – М. : Наука, 1974. – 125 с.

6. Общие и специфические механизмы устойчивости древесных растений к антропогенному загрязнению / А. К. Буторина [и др.]. // Проблемы повышения экологических функций лесов : материалы симп. – Воронеж : Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2000. – С. 128-129.

7. Сенькевич Е. В. Цитогенетика сосны обыкновенной и березы повислой в районе Нововоронежской АЭС в связи с вопросами оценки загрязнения окружающей среды : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. В. Сенькевич. – Воронеж, 2007. – 18 с.

8. Федорова А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.

Иванова Екатерина Юрьевна

кандидат биологических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. 8-905-657-95-98, E-mail: ivanova.vsu@gmail.com

Ivanova Ekaterina Yur'yevna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the chair of geocology and environmental monitoring, department of geography, geocology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. 8-905-657-95-98, E-mail: ivanova.vsu@gmail.com