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

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

УДК 57.022: 574.21

Биоиндикация качества атмосферного воздуха по состоянию хвои *Pinus sylvestris* L. в условиях города Орска Оренбургской области

Алехина Г.П., Хардикова С.В., Верхошенцева Ю.П., Шамраев А.В

Оренбургский государственный университет

Аннотация

*В статье изложены результаты биоиндикационного исследования загрязнения атмосферного воздуха по состоянию хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на примере города Орска Оренбургской области. Город Орск является крупным индустриальным центром Южного Урала. Исследования проводили на 6 участках, расположенных в черте города, с разной антропогенной нагрузкой. В основу метода исследования заложена прямая зависимость повреждения хвои *Pinus sylvestris* L. (некрозы и усыхания) от уровня загрязнения атмосферного воздуха. Проанализированы морфометрические характеристики хвои *Pinus sylvestris* L. на исследуемых участках. Результатом исследования является оценка состояния атмосферного воздуха.*

Ключевые слова: БИОИНДИКАЦИЯ, СОСНА ОБЫКНОВЕННАЯ, ХВОЯ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОЕ ВОЗДУХА, ГОРОД ОРСК, ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ

Введение

Любое воздействие на природу так или иначе отражается на составляющих её компонентах, растения и животные незамедлительно реагируют на любые изменения.

В связи с активным развитием методов экологических исследований, в частности, мониторинга состояния окружающей среды, биоиндикационные исследования приобретают большую значимость при оценке абиотических, биотических и антропогенных факторов, воздействующих на биотопы.

С помощью биоиндикаторов можно обнаружить места скоплений в экологических системах разного рода загрязнений, судить о степени вредности тех или других веществ для живой природы, а также изучить скорость происходящих в окружающей среде изменений [1].

=====

Наиболее чувствительными и достоверными индикаторами загрязнения атмосферы урбанизированных территорий считаются растения, они ежедневно испытывают негативное воздействие от выхлопных газов автомобилей и выбросов предприятий. Эти факторы вызывают преждевременное старение, поредение и пожелтение кроны, опадание листьев и хвои [2].

Скорость опада хвои у сосен, растущих в городе вблизи промышленных предприятий, напрямую зависит от степени загрязнения атмосферы. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) относится к основным биоиндикаторам воздуха, так как её хвоя является наиболее чувствительной к различным загрязнениям. Такая чувствительность хвои объясняется большим сроком её жизни и высокой степенью поглощения газов. Достоверным показателем конкретного уровня загрязнения атмосферы считаются такие изменения состояния хвои, как модифицированная окраска (хлороз), раннее увядание хвои, присутствие некротических пятен [3-5].

Объекты и методы

Город Орск размещен в восточной части Оренбургской области в южных отрогах Уральских гор при впадении реки Орь в реку Урал. Урал разделяет город на две части — европейскую (Новый город) и азиатскую (Старый город). По версии многих экологических организаций город Орск считается одним из самых загрязненных промышленных городов Оренбургской области.

Площадь местности составляет 1426,5 км² (в границах городского округа) и 574 км² (в границах городского поселения) [6].

Орск — крупный индустриальный центр Южного Урала. Главными загрязнителями окружающей среды считаются:

- нефтеперерабатывающий завод имени Чкалова, изготавливающий разные виды бензина, керосина, дизтоплива и мазут, загрязняет атмосферу CH₄, H₂S, CO₄, C₆H₅OH;
- ЗАО «ОРМЕТ», добывающий и перерабатывающий медно-цинковые и золотосодержащие руды;
- ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ», на территории которого находится цех по производству оцинковки труб и иного проката, в районе предприятия регулярно производятся выбросы угарного газа;

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

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

- ЗАО «Завод синтетического спирта», производящий продукты для химии органического синтеза;

- комбинат «Уральская Сталь». По итогам мониторинга атмосферного воздуха, концентрация выбросов аммиака, диоксида серы, сероводорода, фенола, оксида углерода и пыли находятся в максимально пограничных пределах нормы, отмечены единичные случаи аварийного выброса хлора;

- ОАО «Орское карьероуправление», осуществляющий добычу (открытым методом) и переработку нерудных полезных ископаемых. Производственные процессы сопровождаются обильными выбросами кремнийсодержащей пыли в атмосферу [4].

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) за последние 10 лет в границах городского поселения незначительно снизился с 9 до 8, но по-прежнему остаётся повышенным.

Таким образом, территория города Орска с высокой антропогенной нагрузкой характеризуется как зона со сложной экологической ситуацией [7, 8].

Степень загрязнения воздушной среды города определяли по состоянию хвои *Pinus sylvestris* L., произрастающих в городской черте, для этого были выбраны 6 пробных участков в черте города с разной антропогенной нагрузкой (рис. 1).

Рис. 1. Карта-схема расположения пробных участков

Примечание: участок 1 (контроль) – посёлок Старый город; участок 2 – посёлок Вокзальный; участок 3 – микрорайон Новый город; участок 4 – посёлок Елшанка; участок 5 – посёлок Первомайский; участок 6 – посёлок Никель.

С каждого участка были отобраны пробы хвои 5 деревьев одного возраста сосны обыкновенной. Возраст деревьев – 10-15 лет. Возраст деревьев определялся по количеству мутовок. Хвоинки отбирали с боковых побегов средней части кроны, по 300 штук с одного участка. В лабораторных условиях проводили осмотр, замер длины и оценку хвоинок по признакам повреждения. Все хвоинки разделялись на 5 главных групп: неповреждённая хвоя; хвоя с небольшим количеством пятен; хвоя с большим количеством пятен; хвоя с признаками усыхания и хвоя с полностью усохшей пластинкой (рис. 2) [9, 10].

Рис. 2. Классификация повреждения хвои

Примечание: а – неповрежденная хвоя; б – хвоя с небольшим количеством мелких пятен, нет сухих участков; в – хвоя с большим количеством мелких пятен, есть сухие участки на кончике хвоинки; г – хвоя с признаками усыхания более чем на трети поверхности листовой пластинки; д – хвоя с полностью усохшей листовой пластинкой.

Результаты исследований

Степень загрязнения воздуха на исследуемых участках определяли по оценочной шкале (табл. 1).

Данные проведенных исследований показывают (табл. 2), что наибольшее количество хвои (77%) с полностью усохшими листовыми пластинками отмечено на соснах, произрастающих на участке № 6 (поселок Никель). Состояние хвои относится к третьему классу повреждения (КП) и четвертому классу усыхания (КУ). Повреждения были обнаружены и на хвое первого года жизни, что свидетельствует о неблагоприятном состоянии атмосферы и характеризует данный участок как «очень грязный», что позволило нам отнести его к VI классу загрязнения.

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

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 1. Экспресс-оценка загрязнения воздуха (I-VI) с использованием *Pinus sylvestris* L.

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

Примечание: условные обозначения класса загрязнения воздуха: I – идеально чистый, II – чистый, III – относительно чистый («норма»), IV – загрязнённый, V – грязный, VI – очень грязный; - – невозможное сочетание

На исследуемом участке № 5 в посёлке Первомайский отобранная хвоя имеет 61% повреждений и относится к третьему классу усыхания поверхности листовой пластинки. Состояние атмосферного воздуха соответствует V классу загрязнения и оценивается как «грязный».

На участке № 4 обнаружено, что 71% хвои имеет большое количество пятен и признаки усыхания на кончике, что соответствует III классу повреждений и II классу усыхания. Признаки повреждения листовых пластинок имелись на хвоинках 2 года жизни, что указывает на IV класс загрязнения и оценивается как «загрязнённый воздух».

На опытном участке № 3 отмечено 63% поврежденной хвои второго года жизни, соответствующей II КП., без признаков усыхания, поэтому воздух на данном участке можно оценивать как «относительно чистый».

Участок № 2 характеризуется наличием 37% поврежденной хвои третьего года жизни. 23% отобранной хвои имеет признаки повреждения с небольшим количеством пятен (КП II, КУ I), 14% – это хвоя с большим количеством пятен (КП III, КУ II). Так как на хвое первого и второго годов жизни отсутствуют какие-либо повреждения, можно оценить воздух данного участка как «чистый», что соответствует второму классу загрязнения.

Участок №1 выбран как контрольный, располагается на территории городского парка им. Малишевского, характеризуется наличием 4% хвои с признаками незначительных повреждений. Небольшое количество мелких некротических пятен

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

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

=====

отмечено на хвое четвертого года жизни. Воздух контрольного участка соответствует I классу загрязнения и оценивается как «идеально чистый».

Таблица 2. Состояние хвои сосны обыкновенной на исследуемых участках

Степень повреждения хвоинок, класс повреждения (КП) класс усыхания (КУ)	Исследуемые участки											
	1		2		3		4		5		6	
Общее число исследованных хвоинок	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100
неповрежденная хвоя, КП I, КУ I	288	96	189	63	111	37	39	13	-	-	-	-
хвоя с небольшим количеством мелких пятен, нет сухих участков, КП II, КУ I	12	4	69	23	189	63	48	16	39	13	-	-
хвоя с большим количеством мелких пятен, есть сухие участки на кончике хвоинки, КП III, КУ II	-	-	42	14	-	-	213	71	78	26	18	6
хвоя с признаками усыхания более чем на треть поверхности листовой пластинки, КП III, КУ III	-	-	-	-	-	-			183	61	51	17
хвоя с полностью усохшей листовой пластинкой, КП III, КУ IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231	77

Состояние атмосферного воздуха сказывается и на морфометрических показателях листовых пластинок хвои *Pinus sylvestris* L. Показатели средней длины хвои на исследуемых участках отображены на рис. 3. Чем выше класс загрязнения воздуха, тем меньше длина листовых пластинок сосны обыкновенной.

Рис.3. Средняя длина хвои, см

Заключение

Проведенные исследования подтверждают наличие сложной экологической ситуации в городе Орске, а состояние атмосферного воздуха в городской черте характеризуется принадлежностью к разным классам чистоты: от «идеально чистого» до «очень грязного». Особого внимания заслуживает поселок Никель (точка №6), на территории которого зафиксированы самые неблагоприятные биоиндикационные показатели, отмечены повреждения хвои уже на первом году жизни. Причиной сложившейся ситуации, возможно, является крупное предприятие цветной металлургии – Южно-Уральский никелевый комбинат, расположенный к северу от поселка. Несмотря на то, что он официально частично приостановил свою работу в 2012 году, до сих пор здесь отмечается сильное загрязнение воздуха. Сложившаяся неблагоприятная экологическая ситуация требует дальнейшего более детального изучения.

Анализ результатов показал четкую зависимость между состоянием атмосферного воздуха и морфологическими показателями хвои. В районах, испытывающих значительную антропогенную нагрузку, хвоинки имели наименьшую длину.

Исследования еще раз показали, что сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является удобным биоиндикатором для контроля состояния атмосферного воздуха в промышленных районах, так как обладает высокой скоростью реагирования на состояние окружающей среды и может быть использована в качестве биоиндикатора круглогодично для проведения многолетних наблюдений.

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

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
 =====

Список использованных источников

1. Абалаков А.Д., Малышев Ю.Н., Полюшкин Ю.В. Анализ остроты экологических проблем в зоне техногенного воздействия // Сибирский экологический журнал. – 1999. – № 6. – С. 673-680.
2. Норышева Р.А. Биоиндикация состояния окружающей среды // Сб. научн. трудов аспирантов, соискателей и молодых ученых. – Тара: Изд-во ОмГАУ, 2006. – С. 66-71.
3. Алексеев С.В., Муравьев А.Г. Практикум по экологии: учеб. пособие. – Москва: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1996. – 192 с.
4. Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная ботаника: учеб. пособие. – Москва: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1988. – 168 с.
5. Федорова А.И. Биоиндикация состояния городской среды по реакциям древесных растений // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. – 1996. – С. 212-213.
6. Орск [Электронный ресурс]. / под ред. Е.В. Пахомова, М.Д. Горячко. – Москва: Большая Российская Энциклопедия, 2010. – Режим доступа: <https://w.histrf.ru/articles/article/show/orsk>.
7. Коньшина Л.Г., Сергеева М.В., Липанова Л.Л., Солонин А.В. Оценка риска, обусловленного загрязнением окружающей среды, здоровью населения в городе Орске // Гигиена и санитария. – 2004. – № 2. – С. 22-24.
8. Лунин М.П., Кныш О.С., Мищенко Л.В. Экология города Орска: состояние, проблемы. – Орск: Маркет-сервис, 2008. – 84 с.
9. Ковылина О.П., Зарубина И.А., Ковылин А.Н. Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в зоне техногенного загрязнения // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – № 3-4. – С. 284–289.
10. Кулеш В.Ф., Маврищев В.В. Практикум по экологии: учеб. пособие. – Минск: Научный мир, 2007. – 271 с.

Цитирование:

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 [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2021/2/st_203.pdf.
 DOI: <https://doi.org/10.51419/20212203>.