

## ВЛИЯНИЕ СМЕШАННОГО ТИПА ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ДРЕВОСТОИ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСЕЛКА ПРИЮТОВО

© 2012 Р.А. Сейдафаров, Р.Р. Сафиуллин

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 7

Поступила 15.03.2012

Изучены эколого-биологические особенности основных лесобразующих видов – березы повислой, липы мелколистной, клена остролистного и тополя бальзамического в условиях смешанного типа загрязнения пос. Приютово Республики Башкортостан. Установлены общие и видоспецифические реакции ассимиляционного аппарата и корневых систем указанных видов в ответ на загрязнение. Охарактеризованы аккумулирующие способности листьев и корней. Показано, что адаптивный потенциал данных видов реализуется на различных структурно-функциональных уровнях организации.

**Ключевые слова:** относительное жизненное состояние, морфологические параметры, водный режим, масса корней, длина корней, аккумуляция, адаптационная реакция

В настоящее время большинство дендрэкологических исследований посвящены изучению роста и развития древесных растений в условиях крупных промышленных центров федерального значения. Между тем, подобные исследования также крайне важны для небольших промышленных узлов республиканского значения.

Поселок Приютово расположен в Белебеевском районе Республики Башкортостан. На его территории действует «Газоперерабатывающее производство ОАО АНК «Башнефть» филиала «Башнефть-Ишимбай», ежегодно выбрасывающее более 100 тыс. т загрязняющих веществ ежегодно [1]. В связи с этим актуален вопрос о создании санитарно-защитных насаждений в непосредственной близости от источников загрязнения.

**Цель** исследования – изучить адаптационные реакции древесных растений в условиях промышленного загрязнения пос. Приютово.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили насаждения березы повислой (*Betula pendula* Roth.), липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), клена остролистного (*Acer platanoides* L.) и тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.), произрастающие в условиях смешанного типа загрязнения поселка. Район исследования поделен на две зоны: зона сильного загрязнения – в непосредственной близости от источников промышленного загрязнения, и зона контроля – 30 км от источников загрязнения против направления господствующих ветров. Заложено 8 пробных площадей (ПП): по четыре в каждой зоне (рис. 1). Закладка пробных площадей проводилась согласно стандартным и имеющим длительное практическое применение методикам [2; 3].

Вначале были определены первичные таксационные параметры: высота дерева, диаметр

ствола на высоте 1,3 м [2; 4]. На основании этих данных выбраны десять модельных деревьев в каждой ПП, у которых определялся возраст при помощи дендрохронологических методов исследования [5]. Оценку жизненного состояния проводили, используя методику В.А. Алексеева [6].

Листья для морфологического исследования собирали в течение вегетационного периода (июнь – август). Образцы брались с южной части кроны модельных деревьев на высоте до 2 м. Собранные листья гербаризировались.

Исследования проводились на гербарном материале. Из каждой партии листьев рандомизированно [7] выбирались 20 листьев, у которых измерялась площадь листа (см<sup>2</sup>). Длину жилок и устьичный индекс определяли на гербаризированных образцах листьев при стократном увеличении на световом USB-микроскопе.

Изучение водного режима проводилось в полевых условиях в течение вегетационного периода (май – август) в последнюю декаду каждого месяца. Определялись относительное содержание воды (ОСВ), дефицит водного насыщения (ДВН) и интенсивность транспирации (ИТ). Для определения параметров водного режима использовалась методика быстрого взвешивания [2; 8].

Для изучения корневых систем методом монолита закладывались почвенные траншеи [9; 10] перпендикулярно направлению роста горизонтальных корней на расстоянии 70 см от ствола, без учета сторон горизонта. Все почвенные разрезы имели одинаковые размеры: 1,5 × 1,0 м. Вертикальность стенок контролировалась с помощью отвеса. Траншеи закладывались до глубины 1 м. Корненасыщенность почвы методом монолитов определялась на единицу площади горизонтальной поверхности (г/м<sup>2</sup> и см/м<sup>2</sup>).

Содержание металлов в листьях и почве определяли атомно-абсорбционным методом.

Статистическую обработку данных проводили стандартными методами с использованием программы Excel 2007.

Сейдафаров Рустэм Адылевич, к.б.н., учитель биологии, e-mail: sedafarov@yahoo.com; Сафиуллин Руслан Радикович, ученик 11 класса, e-mail: Rysel-CP@yandex.ru

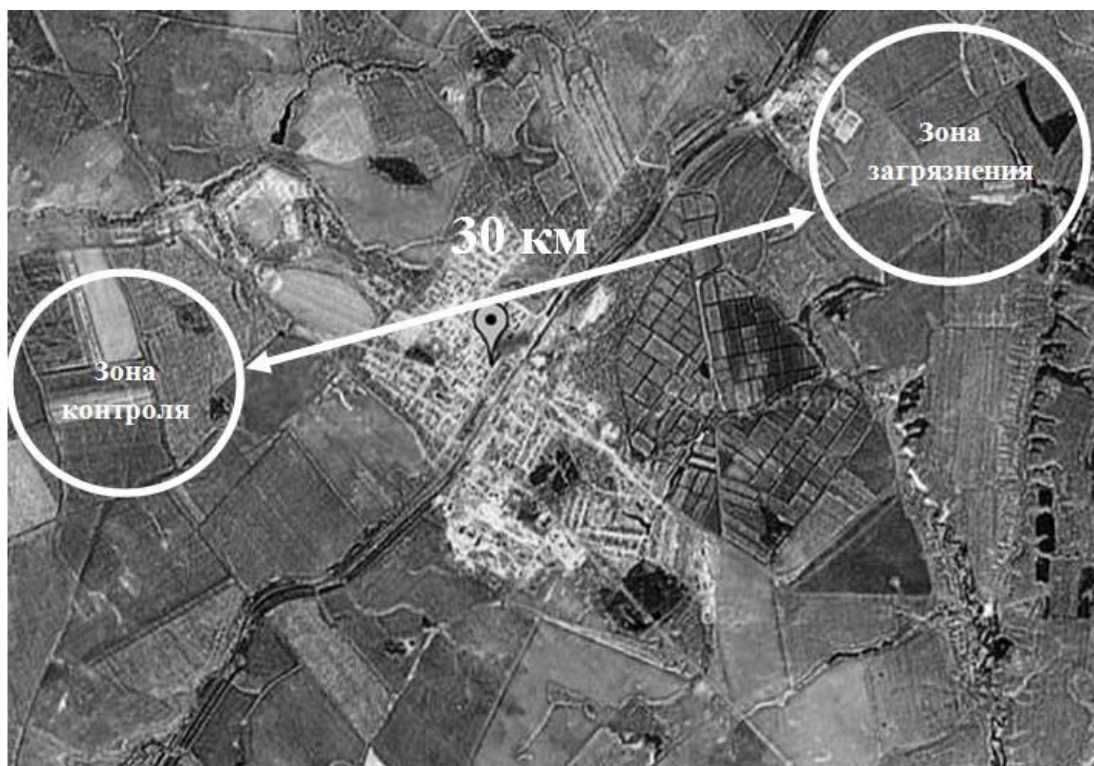


Рис 1. Разделение района исследования на зоны загрязнения

Таблица 1. Таксационная характеристика пробных площадей в древостоях исследованных видов

Вид	Возраст, лет		Средний диаметр, см		Средняя высота, см	
	ЗЗ	ЗК	ЗЗ	ЗК	ЗЗ	ЗК
Клен остролистный	<u>34,3</u> 27–41	<u>39,7</u> 29–48	<u>8,5</u> 7,3–12,8	<u>8,4</u> 7,7–14,7	<u>10,2</u> 3,0–12,4	<u>10,9</u> 4,1–12,3
Береза повислая	<u>35,8</u> 21–43	<u>37,4</u> 28–54	<u>29,8</u> 20,0–37,5	<u>31,5</u> 26,4–39,6	<u>16,2</u> 9,0–21,0	<u>18,3</u> 11,0–25,0
Липа мелколистная	<u>36,2</u> 31–39	<u>35,2</u> 31–37	<u>16,1</u> 10,0–31,5	<u>15,8</u> 12,0–28,5	<u>14,4</u> 8,0–17,0	<u>14,2</u> 7,0–19,0
Тополь бальзамический	<u>35,2</u> 31–37	<u>37,3</u> 31,5–43,9	<u>34,7</u> 27,0–45,0	<u>33,8</u> 29,5–41,2	<u>25,3</u> 18,0–27,0	<u>23,9</u> 9,0–18,0

Примечание: ЗЗ – зона загрязнения; ЗК – зона контроля; в числителе – среднее значение показателя, в знаменателе – пределы колебаний.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные древостои имели возраст 31–40 лет, что соответствует приспевающему возрасту для мягколиственных пород (табл. 1).

Древостои липы мелколистной в условиях загрязнения оценивались как «ослабленные» ( $L_N = 72,3\%$ , где  $L_N$  – индекс ОЖС, относительного жизненного состояния), березы повислой – как «здоровые» ( $L_N = 82,7\%$ ), тополя бальзамического – как «сильно ослабленные» ( $L_N = 41,2\%$ ), клена остролистного – как «здоровые» ( $L_N = 81,9\%$ ). В зоне контроля все изученные древостои оцениваются как «здоровые» ( $L_N$  более 80 %).

У деревьев наблюдалось уменьшение площади листовой пластинки при усилении загрязнения: у березы – с 13,2 до 9,7 см<sup>2</sup>, липы – с 39,1 до 29,8, тополя – с 30,9 до 20,2 см<sup>2</sup>. По нашему мнению, это может быть связано с подавлением токсикантами активности меристематических клеток. У клена остролистного при усилении загрязнения площадь

листа увеличивалась с 72,8 до 83,9 см<sup>2</sup>. По-видимому, в случае с кленом токсиканты выступают в качестве катализаторов деления клеток.

При усилении загрязнения наблюдалось увеличение устьичного индекса березы повислой с 185 до 375 шт./см<sup>2</sup>, липы мелколистной – с 163 до 412 и клена остролистного – с 123 до 234 шт./см<sup>2</sup>. Данная особенность, очевидно, связана с тем, что при повышенном уровне загрязнения происходит нарушение газообмена листьев с окружающей средой. Большое же количество устьиц может служить средством улучшения регулирования интенсивности газообмена в условиях техногенеза. Устьичный индекс тополя бальзамического при увеличении загрязнения уменьшался с 313 до 224 шт./см<sup>2</sup>. Таким образом, у липы, березы и клена проявлялась «классическая» реакция устьичного индекса в виде усиления ксероморфности при атмосферном загрязнении. При оценке изменения этого индекса в течение вегетационного периода

выявлено, что в обеих зонах загрязнения наблюдалось значительное увеличение параметра, что указывает на усиление ксероморфности в течение вегетации.

Проводящая система листьев исследованных видов характеризовалась чувствительностью по отношению к увеличению степени промышленного загрязнения (уменьшение в среднем с 5 до 15 мм/мм<sup>2</sup>). Данная особенность может быть связана с ингибированием промышленными токсикантами, попадающими в лист, деления клеток камбия, ответственных за формирование проводящей системы листа. В то же время, уменьшение данного параметра по мере приближения к источникам загрязнения, возможно, является защитным адаптационным механизмом к условиям техногенеза: при уменьшении количества жилок и их длины снижается отток токсических веществ из периферии листовой пластинки к центральной жилке и, соответственно, в другие органы растительного организма. Установлены общие особенности изменения длины жилок с изменением уровня загрязнения: в зоне загрязнения максимум длины жилок характерен для середины вегетационного периода, в то время как в зоне слабого загрязнения в это же время установлены минимальные значения анализируемого параметра.

Листья липы, березы и клена характеризуются высоким относительным содержанием воды (ОСВ). Данный параметр варьировал от 83,5 до 96,5 % вне зависимости от изменения уровня загрязнения. Высокие показатели относительного содержания воды могут свидетельствовать о способности клеток эффективно удерживать влагу, препятствуя возникновению водного стресса. Данную особенность можно рассматривать в качестве адаптационного механизма ассимиляционного аппарата к условиям техногенной среды. Высокое содержание воды является основой для эффективного протекания активных метаболических процессов. Поэтому указанные виды не испытывают дефицита водного насыщения. Отсутствие водного дефицита создает благоприятные предпосылки для процессов фотосинтеза, дыхания, ферментативной активности растения и соотношения минеральных веществ. Колебания данного параметра при изменении степени промышленного загрязнения и в суточной динамике не превышало 7 %. Таким образом, в процессе адаптации к техногенным лесорастительным условиям водообмен ассимиляционного аппарата липы, березы и клена стабилизировался и поддерживался на достаточном уровне.

ОСВ тополя составило 45–55 % в зоне загрязнения и 70,0–81,5 % в зоне контроля. Данный вид характеризуется слабой способностью клеток удерживать воду и наличием водного дефицита.

У липы и березы отмечено усиление транспирации при увеличении загрязнения, в среднем с 210,5 до 403,6 мг/г сырого веса в час.

Рост транспирации в условиях загрязнения связан, по-видимому, с необходимостью хотя бы частичного уменьшения аккумуляции некоторых токсичных соединений в листьях, подверженных максимальному отрицательному влиянию загрязнителей. Свидетельством последнего является наибольшая площадь хлорозов и некрозов в данных условиях; у тополя и клена – уменьшение, в среднем с 242,5 до 93,2 мг/г. Факт существенного увеличения устьичного индекса клена в условиях загрязнения на фоне уменьшения интенсивности транспирации может свидетельствовать о том, что у данного вида в условиях загрязнения интенсивность транспирации определяется не работой устьичного аппарата, а состоянием кутикулярного слоя листа.

Установлена способность деревьев накапливать некоторые металлы в листьях в течение вегетации в условиях загрязнения: Cu – 44,3–58,3 мг/кг, Mn – 834–1 145,7, Pb – 4,3–7,1, Ni – 56,2–103,8, Zn – 0,02–0,17, Cr – 2,3–45,4, Co – 1,3–2,5 и Cd – 0,56–1,38 мг/кг. Береза повислая наиболее хорошо аккумулировала такие металлы как марганец, никель и цинк, липа мелколистная – свинец и кадмий, клен остролистный – свинец, медь и цинк. У клена остролистного отмечено увеличение содержания меди, свинца и марганца в корнях в течение вегетации на фоне уменьшения в листьях. В зоне контроля содержание указанных металлов в листьях обнаружено в 3–10 раз меньше. Наибольшей аккумулирующей способностью обладали береза и липа, несколько меньшей – клен, наихудшей – тополь.

В почве в зоне загрязнения содержались следующие металлы (глубина 0–30 см): Cu – 22,0–33,7 мг/кг, Mn – 1 178–1 202,4, Ni – 117,0–152,8, Cr – 2,3–45,4, Co – 22,3–28,7 и Cd – 0,32–0,34 мг/кг. В зоне контроля концентрации элементов были меньше таковых в зоне загрязнения в среднем в 7–10 раз.

Липа, береза и клен характеризовались увеличением корненасыщенности почвы при увеличении загрязнения как в отношении массы (в среднем с 3 256,3 до 9 127,5 г/м<sup>2</sup>), так и длины корней (с 404 579,0 до 975 994,4 см/м<sup>2</sup>). Увеличение корненасыщенности может являться защитной адаптационной реакцией, направленной на компенсацию повреждений надземных вегетативных органов и накопление токсикантов в скелетных корнях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, адаптивный потенциал липы мелколистной, березы повислой и клена остролистного к условиям загрязнения реализуется на различных уровнях организации. Взаимосвязь адаптивных реакций надземной и подземной частей обеспечивает высокую устойчивость данных видов к действию промышленных загрязнителей.

Широкими адаптивными возможностями характеризуются береза повислая, липа мелколистная и клен остролистный. Данные виды, также как и липа мелколистная, могут быть рекомендованы для создания санитарно-защитных насаждений вблизи источников загрязнения. Тополь бальзамический характеризуется слабым адаптивным потенциалом и не может быть использован в качестве фитофильтра в данном регионе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Башкортостан в 2009 г. - Уфа, 2009. 342 с.
2. Андреева Е. Н., Баккал, И.Ю., Горшков В.В., Лянгузова И.В. Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. 240 с.

3. Сукачев В.Н. Программа и методика биогеоценологических исследований. М., 1966. 333 с.
4. Ушаков А.И. Лесная таксация и лесоустройство. М., 1997. С. 54–55.
5. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Роль и структура годичных колец хвойных. Новосибирск, 2000. 232 с.
6. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л., 1990. С. 38–54.
7. Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методы исследования растений. М., 1974. 527 с.
8. Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // Бот. журн. 1950. Т. 35, № 2. С. 171–185.
9. Рахтеенко И.Н. Корневые системы древесных и кустарничковых пород. М., 1952. 106 с.
10. Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. СПб., 1997. 210 с.

### EFFECT OF THE MIXED TYPE OF POLLUTION ON THE MAIN FOREST-FORMING SPECIES OF PRIYUTOVO SETTLEMENT

© 2012 R.A. Seydafari, R.R. Safiullin

School 7, Priyutovo

Study of the ecological and biological characteristics of the main forest-forming species of the Priyutovo settlement - *Betula pendula*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides* and *Populus balsamifera* in a mixed pollution of Priyutovo settlement. General and species-specific reactions of both assimilation apparatus and root systems of these species in response to pollution were investigated in conditions of pollution. The accumulating abilities of leaves and roots were characterized. It is shown that the adaptive potential of these species being implemented at various levels of structural and functional organization.

**Keywords:** *relative living condition, morphological parameters, water treatment, the mass of roots, root length, accumulation, adaptive response.*