

УДК 502.56.203.470.324.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗАО ПКФ «ВОРОНЕЖСКИЙ КЕРАМИЧЕСКИЙ ЗАВОД» БИОИНДИКАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

© 2004 г. Т.И. Прожорина, О.Н. Терещенко

В последние десятилетия быстрые темпы научно-технического прогресса и экономический рост во многих странах мира привели к угрожающему загрязнению окружающей природной среды, которое достигло критического уровня для устойчивости экологических систем и здоровья людей.

Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и автотранспорта в атмосферу, водоемы и недра на современном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде районов, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнений существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Главную опасность представляет собой загрязнение атмосферы. Мировое хозяйство ежегодно выбрасывает только в атмосферу 200 млн. т оксида углерода, более 50 млн. т углеводов, 120 млн. т золы, 150 млн. т диоксида серы, большое количество оксидов азота, фтористых соединений, ртути и других токсичных веществ. По имеющимся оценкам, общий объем выбросов загрязняющих веществ в конце XX века составил около 50 млрд. т.

Загрязнение атмосферного воздуха сопровождается массовой гибелью лесов – “легких планеты”, снижением поголовья или исчезновением видов фауны, снижением урожайности сельскохозяйственных культур, потерей рыбопродуктивности водоемов, наносит урон здоровью людей. Так например, загрязнением атмосферы обусловлено до 30% общих заболеваний населения крупных промышленных городов.

Преобладающее воздействие на загрязнение атмосферы, после дорожно-транспортного комплекса, оказывают предприятия металлургической промышленности, электроэнергетики, топливной и химической промышленности, производства строительных материалов и др.

Неоценимую роль в охране окружающей среды и создании микроклимата оказывают зеленые насаждения. Древесная растительность выполняет важнейшую функцию в выравнивании баланса между содержанием кислорода и углекислого газа в атмосферном воздухе. Зеленые насаждения очищают воздушный бассейн города от пыли, вредных газов, дыма, копоти. Они выполняют роль индикаторов, дающих характеристику состояния окружающей среды, которую можно оце-

нить с помощью биоиндикационных методов.

Несмотря на то, что полученные с помощью методов биоиндикации данные не всегда могут быть интерпретированы количественно, эти методы имеют несколько серьезных преимуществ перед методами химического анализа. Они относительно дешевы и не требуют дорогостоящего специального оборудования, многие из них довольно просты и могут быть использованы в работе непрофессионалами. Методы биоиндикации дают комплексную оценку качества исследуемой среды, что позволяет использовать их в средах с многокомпонентными и непостоянными источниками загрязнения, а также в тех случаях, когда имеет место совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ.

Целью данной работы явился мониторинг за состоянием древесных растений и изменением их основных показателей роста и развития в зависимости от различных экологических условий г. Воронежа. А также проведение экологической оценки состояния воздушной среды в зоне промышленных выбросов предприятия строительных материалов и автотранспорта по реакции растений на загрязнение атмосферного воздуха с помощью биоиндикационных методов.

В условиях г. Воронежа ведущими факторами, формирующими качество воздушного бассейна, являются токсические компоненты выбросов автотранспорта и стационарных источников загрязнения. Причем, автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферы. На его долю в г. Воронеже приходится 85% общего загрязнения воздушного бассейна; а 15% – на стационарные источники загрязнения: промышленные и теплоэнергетику.

В связи с этим в качестве объектов исследования выбрали промышленно-транспортную зону в юго-западном районе г. Воронежа: территорию ЗАО ПКФ “Воронежский керамический завод” и, расположенный в 300 метрах от него, жилой массив по ул. Пешестрелецкой. Для сравнения с этими объектами выбрали условно “чистую” зону ботанического сада, находящегося на окраине города по ул. Шишкова.

По данным Центра госсанэпиднадзора г. Воронежа выброс вредных веществ от автотранспорта на

ул. Пешестрелецкая в районе керамического завода в 2001 году составил (в г/с): оксид углерода-26,13; оксиды азота-1,552; углеводороды-4,79; сажа-0,027 / 1 / . А по данным ежегодных отчетов предприятия ЗАО ПКФ “Воронежский керамический завод”, имеющий 77 организованных и 27 неорганизованных источников загрязнения, в 2001 году выбросил в атмосферу 183,56 т таких загрязняющих веществ, как сернистый ангидрид, окислы азота, окись углерода, взвешенные вещества, летучие органические соединения и др.

Естественно, что загрязнение воздушной среды в этой промышленно-транспортной зоне ухудшило экологическую обстановку и негативно повлияло и на процессы роста и развития растений, произрастающих в исследуемом районе. С целью проведения мониторинга за состоянием древесных растений и выбора в качестве объекта исследования одной из пород деревьев, нами была проведена инвентаризация зеленых насаждений непосредственно на территории керамического завода и в зоне жилого массива, расположенного рядом с ним. Из большого разнообразия деревьев, остановились на тополе черном пирамидальном гибриде “Камышинском”, произрастающем в исследуемых зонах в преобладающем количестве.

В дальнейшем всю работу по экологической оценке состояния воздушной среды в исследуемых зонах города проводили биоиндикационными методами, о результатах которой судили по изменениям основных показателей роста и развития тополя черного пирамидального гибрида “Камышинского” / 2 / .

По сравнению с лесной зоной, в городах более высокий температурный режим и его суточная изменчивость, ниже относительная влажность воздуха, значительно выше запыленность. Состояние растительности на территории промышленного предприятия и вблизи прилегающих районов может служить своеобразным критерием характера загрязнения воздуха. Многие газы отрицательно влияют на нормальный рост растений, вызывают повреждения листьев в виде некрозов и хлорозов, замедляют метаболические процессы. Длительное воздействие загрязняющих газообразных веществ приводит к изменению состава фитоценозов: гибнут главные лесобразующие породы и появляются редкостные и малопродуктивные насаждения из второстепенных пород. Пыль, сажа, металлические частички в воздухе вокруг крупных промышленных предприятий плотным слоем покрывают листья растений, почти полностью закупоривают устьица, резко снижают доступ света к мезофилу листовой пластины. Иногда высокие концентрации солей, содержащиеся в пыли ряда заводов, приводят к воздушному засолению растений. Вот почему на листьях

нередко появляются отмершие участки ткани (некротические области), и тем более обширные, чем менее устойчиво дерево к загрязнению. Все это резко снижает интенсивность фотосинтеза и ткани листьев древесных растений перестают выполнять свои основные функции: синтез органических веществ, выделение кислорода и фитонцидов / 3 / .

Функция фотосинтеза в огромной мере зависит от площади листовой поверхности (листового индекса). Визуальные методы оценки площади листьев и процента повреждений листовой ткани имеют малую точность и являются неспецифичным признаком, так как сильно зависят от внешних и внутренних факторов, но в целом отражают общую картину повреждений. Уже внешний осмотр тополей в исследуемых точках показал пожелтение и отмирание органических участков ткани листьев в средней и нижней частях кроны. Однако по мере удаления от основного источника выброса загрязняющих веществ наблюдалось уменьшение процента некрозов листовых пластин деревьев, который составил 40-50% в зоне керамического завода, 20-25% в зоне жилого массива и 3-5% в зоне ботанического сада.

Для объективной характеристики повреждений мы использовали методику оценки, которая дает более точное определение пораженной и мертвой ткани. Для этого отбирали по 20 листьев одной породы деревьев – тополя черного, растущего в различных экологических условиях : 1) территория керамического завода; 2) жилая зона, расположенная в 300 метрах от керамического завода;

3) условно “чистая” зона – ботанический сад, расположенный на окраине города Воронежа. Поочередно каждый расправленный лист положили на квадрат кальки, длина и ширина которого соответствуют размерам листа. Кальку взвесили, очертили площадь листа и вырезали его силуэт, который также взвесили. По найденным значениям определили площадь каждого листа. Применение кальки обусловлено ее прозрачностью. Контуры листа на кальке совместили с исследуемым листом и очертили все поврежденные участки листовой пластины. Очерченные повреждения вырезали и силуэт листа снова взвесили. Имея значения площади листа и веса целостного и поврежденного листа, вычислили площадь поврежденной ткани листовой пластины (в%) для каждой пробы, отобранной в исследуемых зонах.

Из полученных данных следует, что площадь пораженной ткани листьев тополя черного, собранных в условно “чистой” зоне, в 3-3,5 раза меньше, чем в зонах наиболее загрязненных выбросами керамического завода. Однако эта величина не сводится к нулю, так как ботанический сад находится в

черте города и, следовательно, в воздухе также содержится некоторое количество загрязняющих веществ. Следует отметить, что процент повреждений ткани листьев в зоне жилого массива в 1,12 раза меньше, чем листьев, собранных в районе керамического завода. Это можно объяснить тем, что по мере удаления от основного источника выбросов концентрации загрязняющих и токсичных веществ уменьшаются в результате рассеивания их в атмосфере. Однако в зоне жилого массива наблюдается загрязнение воздушной среды, которое отрицательно влияет на жизнедеятельность зеленых насаждений и, в частности, тополя черного.

Не менее важным индикационным признаком в экологически неблагоприятных условиях города является тургорное состояние и влажность листьев растений.

Содержание воды в различных частях растений сильно варьирует в зависимости от структуры этих частей, вида, возраста растения и условий внешней среды. Наибольшее количество воды содержится в нежных молодых листьях и плодах (до 95%). Влажность листьев достигает максимальных значений в начале вегетации, а к концу ее постепенно снижается. Влажность листьев и тургорное состояние растений напрямую связано с процессом транспирации, т.е. испарением воды растениями. Интенсивность транспирации меняется в зависимости от сезона и различного сочетания почвенно-экологических и метеорологических факторов. У древесных растений листья верхних ярусов транспирируют с большей интенсивностью, чем средние и нижние / 4 /.

Сильное влияние на интенсивность процесса транспирации оказывает загрязнение атмосферы и расположение древесных массивов. Известно, что в центральной части любого города создаются зоны, образно называемые “островами тепла”, где температура воздуха может быть на 6-8 градусов выше, чем в открытой местности, а относительная влажность воздуха – ниже. На улицах, окаймленных высокими домами, с низкой влажностью почв ввиду стекания выпадающих осадков по асфальтовым покрытиям или утрамбованному почвогрунту, создаются условия для недостаточного увлажнения корневых систем древесных растений.

Такая же ситуация наблюдается и в местах расположения крупных заводов. Поступившая из корневых систем влага быстро транспирируется древесными растениями и испаряется с поверхности листьев в условиях повышенных температур и низкой влажности, непрерывно поступающего потока воздуха вместе с пылью проходящего автотранспорта и газообразных выбросов работающих заводов. В связи с этим листья деревьев теряют тургор и обвисают, изменя-

ют форму из-за аномалий роста, в них наблюдается обезвоживание клеток и часто вогнутый плазмолиз.

Для определения влажности срезали по 30-50 листьев со взрослых деревьев одной породы тополя черного на высоте 4-5 метров от основания дерева и помещали их в полиэтиленовые пакеты. В лабораторных условиях влажные листья взвешивали на аналитических весах, затем высушивали при температуре 105 °С до постоянной массы. Высушенные листья охлаждали в эксикаторе и снова взвешивали. Влажность листьев (в %) определяли в пересчете на влажное вещество.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшая влажность листьев тополя черного (75,26%) наблюдается в зоне ботанического сада. Этот показатель на 6,07% выше, чем влажность листьев исследуемой породы тополя в районе жилого массива и на 9,82% выше, чем у тополей, растущих на территории керамического завода. Это объясняется тем, что в промышленной зоне города и жилого сектора пониженная влажность почв из-за асфальтового покрытия и температура воздуха несколько выше, чем на открытой местности ботанического сада.

Процессы роста и развития обусловлены наследственными свойствами растений, координируются фитогормонами и ингибиторами растений, и изменяются в зависимости от напряженности факторов внешней среды. Все метамерные органы растений реагируют на загрязнение среды или абиотические факторы. Растения подвержены очень большой изменчивости, особенно размеры листьев. Так, например, в санитарных зонах предприятий или в уличных посадках, расположенных рядом с заводами или крупными автомагистралями, в большинстве случаев размеры листовых пластинок на деревьях уменьшены по сравнению с экологически чистыми зонами. Поэтому для озеленения территорий вблизи промышленных предприятий отбирают классы деревьев с повышенной газоустойчивостью / 5 /.

Для определения площади листьев исследуемого нами растительного материала использовали модификацию весового метода, разработанного А.В.-Дорогань (1994г). В соответствии с этим методом срезали по 70 листьев тополя черного гибрида “Камышинского”, растущего в исследуемых зонах г. Воронежа, складывали их в пакеты, а затем засушивали между листами газетной бумаги в лабораторных условиях. Переводной коэффициент для данной породы деревьев определяли путем сравнения массы квадрата бумаги с массой листовой пластины, имеющей такую же длину и ширину. Установили, что для тополя черного переводной коэффициент варьируется от 0,58 до 0,63. С учетом найденного переводного коэффициента вычислили площади листь-

ев всех исследуемых образцов и на основании этой величины разбили на восемь классов все найденные значения площадей для каждой исследуемой зоны. Для выявления изменчивости площади листьев тополя черного, растущего в различных экологических условиях, построили график зависимости встречаемости листьев от размеров их площадей.

Из полученных графических зависимостей следует, что в зоне ботанического сада (рис. кривая 3) встречаемость листьев с большими размерами площадей (от 28 до 52 см²) достаточно высокая. Это объясняется тем, что в условно “чистой” зоне с хорошим насыщением корней деревьев водой и менее загрязненной атмосферой создаются благоприятные условия для роста различных частей растений. В районе керамического завода (рис. кривая 1) и расположенного рядом с ним жилого массива (рис. кривая 2), т.е. в экологически неблагоприятных исследуемых зонах города, в отобранных образцах тополя чаще встречаются листья с менее развитыми площадями (от 8 до 22 см²). На изменение размеров листьев в данном случае отрицательно влияют загрязнение атмосферы газообразными выбросами и пылью, повышенная температура в замкнутой части города и пониженная относительная влажность воздуха. Таким образом, несмотря на то, что тополь черный пирамидальный гибрид “Камышинский” относится к категории газоустойчивых древесных пород, в экологически неблагоприятных условиях размеры площадей его листьев претерпевают явные изменения по сравнению с относительно чистой зоной города.

Наряду с химическими выбросами, мощным загрязнителем атмосферы является пыль, мелкодисперсные частицы которой долгое время могут находиться во взвешенном состоянии и переноситься на значительные расстояния потоком воздуха. Основными источниками выброса пыли являются заводы по производству строительных материалов, а также автотранспорт. Частицы пыли оседают на листьях

растений, закупоривают устьица и нарушают нормальный газообмен. Порода тополей относится к высокоустойчивому виду и известно, что их листья хорошо задерживают пыль, поэтому эти деревья достаточно часто распространены в г. Воронеже в качестве озеленительных насаждений.

Для определения степени загрязнения листьев тополя пылью и выявления ее токсичности в период летней вегетации в исследуемых зонах города отбирали пробы растительного материала с высоты 1,5–3,0 метра в 10-15 кратной повторности. Пыль с листовых пластин аккуратно смывали небольшим количеством воды с помощью кисточки в фарфоровую чашку, а затем промывную воду выпаривали в сушильном шкафу при температуре 105°С. Количество пыли определяли по отношению массы пыли, найденной после взвешивания сухого остатка, к площади всех листьев, отобранных в качестве образца. С учетом того, что общая площадь листьев, взятых для анализа в исследуемых точках города, одинаковая, количество пыли на листьях тополя в зоне керамического завода составило 0,025 мг/см², в районе жилого массива – 0,012 мг/см² и наименьшее значение 0,009 мг/см² – в условно “чистой” зоне ботанического сада.

С целью выявления токсичности пыли, собранную сухую пыль растирали стеклянной палочкой в чашке из расчета 1 г пыли в 25 см³ воды, фильтровали и оценивали ее токсичность по реакции с простейшими микроорганизмами. Висячую каплю культуры простейших помещали над часовым стеклом с вытяжкой исследуемой пыли так, чтобы они не соприкасались, и, наблюдая в микроскоп, фиксировали с помощью секундомера время прекращения движения микроорганизмов.

Из полученных результатов следует, что гибель простейших, связанная с токсичностью пыли, собранной с листьев тополя на территории керамического завода, наступает за наиболее короткий срок (14 минут). Это объясняется большой концентрацией загрязняющих веществ, выбрасываемых в районе завода, и следовательно наибольшей токсичностью пыли. Срок жизни микроорганизмов под влиянием пыли, собранной с листьев в зоне жилого массива, более продолжителен, но тем не менее через 24,5 минуты все простейшие также погибают. Это свидетельствует о том, что концентрация загрязняющих веществ в исследуемом районе немного меньше, чем в первом случае, и потому токсичность пыли ниже. В зоне ботанического сада полной гибели простейших не наблюдается. Однако через 25 минут после воздействия пыли, 50% микроорганизмов либо погибают, либо замедляют процесс движения. Так как ботанический сад находится в черте города, то назвать его абсолют-

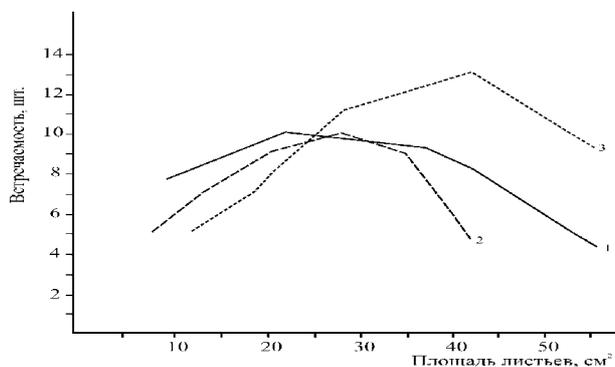


Рис.

но экологически чистой зоной не возможно, поэтому пыль, оседающая на листьях растений небезопасна и относительно токсична.

Таким образом, по результатам мониторинга за состоянием роста и развития тополя черного пирамидального гибрида “Камышинского” можно сделать вывод о том, что исследуемые объекты : территория ЗАО ПКФ “Воронежский керамический завод” и расположенный рядом жилой массив, являются экологически неблагоприятными районами города. Загрязнение воздушной среды в этой промышленно-транспортной зоне негативно отразилось на процессах жизнедеятельности изучаемой породы деревьев. В результате биоиндикационных исследований выявлено угнетенное состояние тополя черного пирамидального в экологически неблагоприятных районах по сравнению с условно “чистой” зоной, о чем свидетельствуют следующие показатели роста и развития исследуемого растения:

- до 40-50% возрос процент некрозов и в 3-3,5 раза увеличилась площадь пораженной ткани листьев;
- на 6,07-9,8% снижена влажность листьев;

– чаще встречаются листья с менее развитыми площадями;

– в 1,3-2,7 раза увеличилось количество пыли, оседающей на листьях ;

– пыль, оседающая на листьях растений, токсична и приводит к полной гибели простейших микроорганизмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эколого-гигиенические основы мониторинга и охраны городской среды / *Н.П. Мамчик, С.А. Куролан, О.В. Клетиков, В.И. Федотов и др.* - Воронеж, 2002. – С.185–191.

2. *Федорова А.И.* Практикум по экологии и охране окружающей среды / *А.И. Федорова, А.Н. Никольская.* – М.: Владос, 2001. - 284 с.

3. *Веретенников А.В.* Физиология растений с основами биохимии / *А.В. Веретенников.* – Воронеж : ВГУ, 1987. - 255 с.

4. *Починюк Х.Н.* Методы биохимического анализа растений / *Х.Н. Починюк.* - Киев : Наукова думка, 1976. - 334 с.

5. *Николаевский В.С.* Биологические основы газоустойчивости растений / *В.С. Николаевский.* - Новосибирск : Наука, 1979. – 278 с.