

В. П. ТАРАБРИН, Л. В. ЧЕРНЫШОВА, Р. И. ПЕЛЬТИХИНА
Донецкий ботанический сад АН УССР

Использование зеленых насаждений для оптимизации среды в зоне загрязнения предприятий черной металлургии

Проблема оздоровления окружающей среды в настоящее время представляет большую народнохозяйственную задачу нашей страны. Большое значение в общем комплексе мер, проводимых по очистке атмосферного воздуха от промышленных выбросов, придается зеленым насаждениям. Растения в промышленных районах выполняют роль специфических «зеленых фильтров», способствующих локализации разнообразных компонентов загрязнения, а также биологически аккумулирующих и обезвреживающих токсические вещества (Кулагин, 1974, 1980; Тарабрин, 1974; Чернышова, 1981).

Санитарно-гигиеническая роль зеленых насаждений в первую очередь проявляется в способности их задерживать и осаживать промышленную пыль. Пылезадерживающая способность растений зависит от их биологических особенностей (опушенность листьев, клейкость, наличие воскового налета и др.), количества и качества выпадающих на протяжении года осадков, ветрового режима и других факторов.

Изучение пылезадерживающей способности листьев в условиях металлургических предприятий показало, что наибольшая запыленность листьев наблюдается у каштана конского обыкновенного — 13,4 г/м², дуба черешчатого — 9,4, несколько меньше задерживают пыль липа мелколистная — 5,4, клен остролистный — 4,5, белая акация — 4,4 г/м². Нашими исследованиями установлено, что на металлургических заводах общее количество пыли, которое задерживается растениями, достигает 18 т/га (Тарабрин, 1974).

Выбросы металлургических заводов являются наиболее сложными по химическому составу и включают пыль разной степени дисперсности, представленную в основном окислами тяжелых металлов. Высокое содержание металлов в промышленной пыли приводит к значительному загрязнению не только атмосферного воздуха, но и почвы.

Исследование аккумуляции тяжелых металлов в почве в зоне загрязнения металлургических заводов свидетельствует о положительной корреляции между содержанием их в верхнем

слое почвы и в атмосферном воздухе. В общем в почвах промплощадок содержание металлов в 10 раз выше по сравнению с наиболее типичными почвами изучаемого региона. Анализ содержания металлов в почве в зоне деятельности металлургических предприятий свидетельствует, что, например, количество железа, марганца и меди в ряде случаев достигает уровня, характерного для рудных районов.

Таким образом, на территориях промплощадок металлургических предприятий и значительных площадях прилегающих к ним земель возникают специфические геохимические провинции антропогенного происхождения.

Изучение поглотительной способности растений показало, что в условиях загрязнения они аккумулируют в своих органах значительное количество металлов. На первом месте, как по абсолютному содержанию, так и относительному увеличению, находится железо. Несколько меньше, по отношению к контролю, растения аккумулируют цинк, свинец, титан, марганец, хром, медь, никель. Количество металлов, которое поглощается растениями, определяется как уровнем содержания их в окружающей среде, так и биологическими особенностями вида. Например, наибольшее количество железа аккумулирует каштан конский обыкновенный, липа мелколистная, тополь болле, тополь белый, тополь бальзамический, шелковица белая, ясень обыкновенный; марганца — липа мелколистная, белая акация. Наибольшее количество свинца и меди наблюдается у вяза листоватого, хрома — у бузины черной, клена татарского, тополя болле; титана — у ясеня обыкновенного.

Аккумулирующая способность растений, с одной стороны, свидетельствует о возможности биологической мелиорации загрязненных почв, а с другой стороны, о возможности использования растений для оздоровления атмосферного воздуха, так как, по нашим данным, до 35 % фитотоксикантов может поступать в растения в процессе газообмена.

Таким образом, зеленые насаждения в условиях загрязнения промышленными пылевыми выбросами способствуют очищению атмосферного воздуха от пыли как за счет осаждения ее кронами, так и снижением токсического действия ее компонентов биологической аккумуляцией.

Растительный покров является также мощным биогеохимическим барьером, концентрирующим воздушные мигранты, к числу которых в условиях техногенных ландшафтов относятся газы, в частности сернистый ангидрид. Как известно, SO_2 в растениях окисляется в сульфат. Таким образом, из газовой фазы этот загрязнитель переходит в менее подвижное и менее токсичное состояние, т. е. происходит детоксикация поллютанта. Образовавшиеся из SO_2 сульфаты используются в качестве питательного элемента, избыток их может выделяться в почву, на поверхность листьев, не исключена возможность выделения

сульфатов с транспирационной влагой (Илькун, 1978; Чернышова, 1981; Sharma, 1975). Кроме того, наблюдается повышенная диффузия из листьев некоторых других продуктов превращения двуокиси серы (Cormis, 1968). Эти данные позволяют утверждать, что аккумулированная в листьях сера — только определенная, наиболее жестко локализованная часть от общего количества детоксицированного газа.

Древесные растения проявляют избирательную аккумулирующую способность в отношении сернистых соединений. В пересчете на SO_2 наиболее высокой аккумулирующей способностью (до 33 г/кг абс. сух. вещества) характеризуются тамарикс ветвистый, тополь канадский, ясень зеленый, тополь болле, липа мелколистная, белая акация, дуб черешчатый. Наиболее низкая аккумулирующая способность (около 4 г/кг) характерна для листьев вяза перисто-ветвистого, черемухи поздней, шелковицы белой, клена серебристого.

Полученные нами данные о существенной, но ограниченной очистной способности растений дают основание считать, что существующая в настоящее время практика защиты среды от промышленного загрязнения путем создания санитарно-защитных зон с насаждениями в виде лесных полос мало эффективна. Роль растений, расположенных даже в километровой санитарно-защитной зоне (I класс вредности), заключается лишь в частичном ограничении распространения неорганизованных и вентиляционных выбросов. Максимальное же загрязнение воздуха организованными выбросами технологических газов наблюдается, как правило, за пределами санитарно-защитных зон на расстоянии до 5 км.

Кроме того, в Донбассе, например, многие крупные металлургические предприятия расположены в центре селитебной части и защитных зон не имеют. В сложившихся условиях мы предлагаем использовать с защитной целью все зеленые насаждения, расположенные в зоне загрязнения металлургических заводов. На наш взгляд, необходимо пересмотреть принцип равномерного размещения насаждений пропорционально количеству населения в каждом районе города и увеличить процент озеленения территорий с загрязнением выше установленных санитарных норм.

Проектирование создаваемых насаждений и реконструкцию имеющихся необходимо производить с учетом специфики загрязнения конкретных районов. В связи с этим всю территорию с загрязнением выше предельно допустимых концентраций (ПДК) следует условно разделить на отдельные зоны. Основой для деления являются результаты комплексного изучения состояния растений и особенностей загрязнения. В районах расположения предприятий черной металлургии целесообразно выделять следующие зоны.

1. Зона условно постоянных высоких газовых концентраций.

Располагается в основном на территории промплощадок вблизи мартеновских и доменных цехов, аглофабрик, коксовых батарей, градирен конечного охлаждения газа. В ряде случаев выходит за пределы производственной зоны. Средняя концентрация сернистого газа составляет 3 мг/м^3 и выше на фоне сильного загрязнения воздуха и почвы смесью других поллютантов, характерных для металлургического производства. Для древесных растений на этой территории характерны неоднократные в течение вегетации острые повреждения листьев, а их общее состояние характеризуется сильным угнетением.

II. Зона периодических высоких концентраций газов. Выделяется на территориях, где происходит приземление и рассеивание дымового факела технологических газов. Загрязнение зоны зависит от направления ветра и по отношению к конкретным участкам является периодическим. Для этой зоны характерны максимально-разовые концентрации SO_2 до 3 мг/м^3 , среднесуточные до 1 мг/м^3 или несколько выше. Характер загрязнения (периодический) исключает острые повреждения, но угнетение растений в направлении преобладающих ветров выражено сильнее. Основной тип повреждения древесных растений — хронические повреждения. Протяженность зоны — до 5 км от крупных металлургических предприятий.

III. Зона периодических относительно низких концентраций газов. Загрязнение зоны вызывается перемещением воздуха с мест приземления дымового факела организованных выбросов технологических газов и фоновым загрязнением района. Концентрация SO_2 не превышает ПДК более чем в 2 раза. Хронические повреждения древесных растений в этой зоне значительные, хотя и имеют менее выраженный характер, так как визуальные повреждения листьев здесь меньше, чем во II зоне, и наблюдаются преимущественно в периоды неблагоприятных погодных условий.

Эффективность и экономичность биологического метода оптимизации среды определяется правильным решением приемов озеленения каждой зоны. В I зоне древесные растения имеют слаборазвитые кроны, плохо растут, быстро погибают. Поэтому их очистная способность невелика, и в этих условиях они мало эффективны в оздоровлении среды. Основная функциональная роль насаждений в I зоне — декоративное оформление территории и создание несколько улучшенных микроклиматических условий для кратковременного отдыха рабочих. В соответствии с этим растения необходимо размещать небольшими группами или рядовыми посадками с учетом расположения наиболее интенсивных источников выброса газов, как наиболее агрессивных фитотоксикантов, чтобы избежать катастрофических и, по возможности, острых отравлений. Насаждения не должны препятствовать проветриваемости территории и удалению выбросов в санитарно-защитную зону.

Во II зоне древесные растения повреждаются в результате постепенного накопления в листьях токсических веществ. При соответствующем видовом составе и определенной структуре насаждений в этих условиях возможно создание зеленых массивов, обладающих необходимой степенью устойчивости и максимально возможной емкостью поглощения промышленных выбросов. В зеленых насаждениях зоны мы рекомендуем преобладание древесных растений, так как они имеют большую поверхность листьев и поэтому наиболее эффективны в очистке воздуха от газов и пыли. Однако в связи с ограниченной газо-, пылеочистой способностью растений в сравнении с общей величиной выбросов металлургических предприятий насаждения зоны не должны препятствовать вертикальной и горизонтальной циркуляции воздуха. Здесь рекомендуется создавать массивы лесопаркового типа с ажурной, легко проветриваемой конструкцией, смешанные по составу. При создании насаждений подобного «фильтрующего» типа на территории санитарно-защитных разрывов рекомендуется вводить в их состав ограниченное количество видов из числа обладающих наиболее высокой степенью устойчивости к загрязняющему комплексу и климатическим факторам.

Функциональное назначение, структура и принципы размещения насаждений в III зоне аналогичны изложенным для II зоны. Специфика озеленения заключается, главным образом, в подборе видового состава растений, который для этой зоны является наиболее обширным.

Одной из причин видовой дифференциации повреждаемости растений в идентичных условиях загрязнения являются их биологические особенности.

Важной биологической характеристикой вида является сезонный ритм ростовых процессов, в частности, сроки начала и конца вегетационного периода. Наши исследования показали, что приспособительные возможности видов с разными фенологическими ритмами различны. При этом наиболее четко сроки начала и конца вегетации растений коррелируют со степенью их устойчивости к загрязнению в своих крайних значениях. Виды, рано начинающие (25.03 — 5.04) и рано заканчивающие (1—30.09) вегетационный цикл, характеризуются наиболее выраженной повреждаемостью. Группа видов, начинающих вегетировать в поздние сроки (позже 6.04) и поздно заканчивающих (1—30.10) вегетацию, является наиболее устойчивой.

Указанные феногруппы четко различаются не только по срокам начала и конца вегетации, но и завершения облиствения. Для первой группы характерно наиболее раннее завершение облиствения. В конце апреля — начале мая заканчивается облиствение таких неустойчивых видов, как каштан конский, береза повислая, черемуха обыкновенная, рябина обыкновенная, тополь бальзамический, жимолость татарская и др. Во

второй группе завершение облиствения происходит в поздневесенний и раннелетний период. Сюда относятся такие устойчивые виды, как шелковица белая, софора японская, акация белая, гледичия трехколючковая, ясень зеленый, айлант высочайший.

Таким образом, позднее начало вегетации и облиствения являются наиболее благоприятными в отношении устойчивости к загрязнению. Это связано с тем, что в Донбассе в поздневесенний и раннелетний периоды по сравнению с ранневесенним увеличивается приток солнечной радиации, возрастает среднесуточная температура, уменьшается относительная влажность воздуха и запасы влаги в почве. Эти условия способствуют развитию ксероморфных признаков развивающихся листьев. Напротив, более благоприятные условия водообеспечения и температурного режима, наблюдающиеся в ранневесенний период, способствуют замедлению дифференциации тканей, развитию мезофильных свойств организма (Максимов, 1952; Лебедев и др., 1976). Особенности структурной организации органов ассимиляции в свою очередь обуславливают особенности поглощения и аккумуляции в растениях фитотоксических веществ.

Фенологический ритм неустойчивых в зоне загрязнения предприятий черной металлургии видов сложился в более северных широтах, т. е. в условиях лучшего водообеспечения, более низких температур. Вегетация их в Донбассе начинается раньше по сравнению с более устойчивыми в условиях промышленного загрязнения видами, а длительность ее короче. Средняя продолжительность вегетационного цикла у неустойчивых растений составляет 175 дней, в группе более устойчивых — 192 дня. Активная жизнедеятельность листьев соответственно составляет 101 и 124 дня. Различия в длительности других фаз вегетации у разных по устойчивости видов менее значительны.

ЛИТЕРАТУРА

- Илькун Г. М., 1978. Загрязнители атмосферы и растения. Киев.
- Кулагин Ю. З., 1974. Древесные растения и промышленная среда. М.
- Кулагин Ю. З., 1980. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. М.
- Лебедев Г. В., Егоров В. Г., Брюквин В. Г., Сабанина Е. Д., 1976. Импульсное дождевание растений. М.
- Максимов Н. А., 1952. Физиологические основы засухоустойчивости растений. — В кн.: Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. М., т. 1, с. 137—417.
- Тарабрин В. П., 1974. Устойчивость древесных растений в условиях промышленного загрязнения окружающей среды. Автореф. докт. дис. Киев.
- Чернышова Л. В., 1981. Эколого-биологические основы использования древесных растений для оптимизации среды в зоне загрязнения предприятий черной металлургии. Автореф. канд. дис. Кишинев.
- Cormis L., 1968. Degagement d'hydrogene sulfure par des plants, soumises a une atmosphere contact de l'anhydriede sulfureus.—C. r. Acad. Sci. D., v. 266, N 7, p. 683—685.
- Sharma G., 1975. Leaf surface effects of environmental pollution on sugar maple (*Acer sacharum*) in Montreal.—Canad. J. Bot., N 20,