

К ПРОБЛЕМЕ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЫ

Биологическая очистка атмосферного воздуха от промышленных токсикантов относится к числу актуальных задач в рамках проблемы оздоровления окружающей среды. В районах сосредоточения промышленных предприятий, на которых пока не удалось достигнуть полного обезвреживания дымовых выбросов, существенное значение имеют лесные полосы и естественные лесные массивы. Они призваны выполнять роль зеленых фильтров, задерживающих и нейтрализующих многие токсичные соединения. В лесостепном Предуралье и на Южном Урале, где проводит экологические исследования лаборатория лесоведения Института биологии Башкирского филиала АН СССР, газопоглотительная и пылездерживающая функции древесных насаждений весьма значительны в оздоровлении атмосферы. Наблюдения убеждают, что в расположенных рядом лесных районах воздух остается чистым: надежно срабатывает «зеленый фильтр» лесов. Но это не означает, что лесная растительность должна быть противопоставлена комплексу технологических мероприятий по обеспечению замкнутого цикла и «беструбности» заводов или признана главным в газо- и пылеулавливании. Леса — это фактор доочистки или, иначе говоря, дополнение к технологическим мерам борьбы с загрязнением атмосферы.

В ряде случаев до сих пор сохраняются ситуации, где дымовые выбросы настолько значительны, что ликвидация их с помощью растительности представляет достаточно сложный процесс, требующий дендрологического обоснования. Сопоставление мощности фактора задымления и реальных возможностей зеленого фильтра убеждает в необходимости, во-первых, учета газостойчивости деревьев и кустарников, используемых в насаждениях санитарно-защитной зоны, и, во-вторых, оценки их газопоглотительной способности. В выполненных исследованиях (Кулагин, 1974) и материалах данной статьи приводятся сведения о достаточно эффективных методах создания системы лесополос как газоочищающего фильтра.

Исследования проводились в окрестностях Кыштымского медэлектролитного завода (Челябинская область) и уфимских нефте-

перерабатывающих заводов (Башкирская АССР). Мы сосредоточили внимание на количественной характеристике того элемента газопоглотительной функции древесного растения, который одновременно обеспечивает и его детоксицирующую функцию. Локализация и обезвреживание сернистых газов наиболее тесно «связаны» и «переплетены» в листьях. Поглощенные из воздуха и задерживающиеся в клетках и тканях листа сернистые газы представляют собой наименьшую опасность для других компонентов лесных биоценозов. Это количество определяется по разности содержания серы в листьях, сформировавшихся в загазованном воздухе, и в листьях, функционирующих в чистом воздухе. Иначе говоря, поглощенная из воздуха, т. е. из газообразной среды, сера измеряется тем ее количеством, которое получается при вычете серы, поглощенной из почвы. Содержание серы в листьях определялось по А. П. Грошеву (1958), а биомасса листьев в кронах деревьев — по А. А. Молчанову и В. В. Смирнову (1967).

Древесные насаждения, создаваемые в качестве зеленого фильтра, должны обладать способностью бесперебойной работы в достаточно широком интервале внешних условий; интенсивность и емкость поглощения должны сочетаться с надежностью и устойчивостью к помехам. В структуре зеленого фильтра следует выделять, во-первых, фронтальную часть, т. е. обращенную к заводу, призванную «принять на себя» первый «удар» токсичных дымовых выбросов и разрушить их как концентрированный газовый поток, во-вторых, срединную часть — для поглощения основной массы токсичных газов и снижения их концентрации до уровня так называемых предельно допустимых концентраций, и, в-третьих, тыловую часть, обеспечивающую полное извлечение из воздуха токсичных газов и, следовательно, приведение его в нормальное состояние, абсолютно безопасное для здоровья людей.

Фронтальная часть, несомненно, должна состоять из видов, обладающих высокой газоустойчивостью. К таковым относятся тополь бальзамический, дерен белый, роза морщинистая, чубушник вечнозеленый, так как они проявили высокую устойчивость не только к двуокиси серы, но и к сложной смеси газообразных соединений, возникающих при термическом крекинге нефти с использованием катализаторов (Кулагин, 1974). Срединная часть зеленого фильтра должна быть сложена из видов, обладающих высокой газопоглотительной способностью. Таковыми могут быть тополь бальзамический, ясень зеленый, липа мелколистная, береза бородавчатая, вяз гладкий, дерен белый, жимолость татарская, сирень обыкновенная. Достаточно высокая зимостойкость и засухоустойчивость обеспечивают использование их не только в Предуралье, но и в восточных предгорьях Южного Урала. Мощность этой срединной части определяется путем сопоставления биомассы листьев и количества токсикантов в воздухе. Тыловая часть может состоять из видов с различной газоустойчивостью, так как главной здесь становится задача максимально полного извле-

чения из воздуха относительно малых количеств токсикантов. Поэтому важное значение приобретает общая биомасса листьев, их суммарная поверхность, а также сезонные особенности облиствения крон. В этих условиях желательное использование хвойных с многолетней хвоей. Тыловая часть зеленого фильтра непосредственно соприкасается с парками и скверами города. Здесь газопоглотительные функции должны сочетаться с функциями более широкого оздоровительного и рекреационного плана, поэтому вечнозеленые хвойные здесь особенно уместны.

Нами установлено, что наиболее высок уровень накопления серы в молодых растущих листьях; по мере их старения он постепенно снижается. Виды с ранним облиствением и поздним листопадом (лиственница сибирская, береза бородавчатая, черемуха обыкновенная, смородина черная) должны быть совмещены в пределах санитарно-защитной полосы с дубом летним, липой мелколистной, осиной, караганой древовидной. Последняя группа видов характеризуется поздним облиствением, а поэтому увеличивает общую продолжительность периода с максимальным газопоглощением, обусловленным молодостью листьев.

В тыловой части зеленого фильтра со сниженной загазованностью может произрастать сосна обыкновенная, способная создавать не только лесополосы, но и обширные лесные культуры.

О высокой средоулучшающей функции хвойных известно по многочисленным публикациям. Так, сосновые насаждения своими кронами задерживают до 40% пыли (Подзоров, 1967); один гектар соснового леса может поглотить до 36 т пыли (Молчанов, 1970). В загазованном воздухе содержание серы в хвое заметно повышено (Рязанов, 1954; Подзоров, 1972), хотя в обычных условиях ее количество довольно постоянно и колеблется в пределах от 0,05—0,07% до 0,1% на сухой остаток (Калугин, 1973; Чуваев, Кулагин, Гетко, 1973).

Пероговая концентрация серы, по данным Н. Г. Кротовой (1959) и Н. В. Подзорова (1966), при достижении которой начинается отмирание хвои, также величина постоянная и составляет 0,3—0,5% у сосны и 0,6—0,9% у лиственницы в пересчете на сухое вещество. Одновременно отмечается адсорбция молекул сернистых газов на поверхности хвои. Поэтому, чем больше биомасса хвои и ее суммарная поверхность, тем выше газозадерживающая способность деревьев. Количественная оценка газоочищающей способности хвойных (сосна, лиственница) необходима еще потому, что именно они чаще всего используются в пригородных посадках и лесных культурах.

Результаты определения биомассы хвои показывают, что в условиях загрязненного воздуха «нефтяными» газами общая биомасса хвои сосны и ее суммарная поверхность в 2 раза меньше, чем в чистом воздухе (см. табл. 1). У лиственницы эти показатели также снижаются по сравнению с чистым воздухом (табл. 2).

В загазованном и чистом воздухе наибольшее количество хвои

содержится на побегах текущего года. У лиственницы ее основная масса сосредоточена в пучках.

Данные по содержанию серы в хвое показывают, что в непосредственной близости от нефтеперерабатывающих заводов сосна

Таблица 1

Биомасса хвон, суммарная поверхность и накопление двуокиси серы в кронах сосны * 11-летней культуры (в пересчете на 1 га, 1973 г.)

Год появления хвон	Вес, кг	Поверхность, м ²	Двуокись серы, кг
1971	256,5	3627,0	—
	114,4	1166,4	0,480
1972	883,0	10409,0	—
	435,0	5252,8	2,307
1973	935,5	19831,0	—
	644,0	10162,0	3,181
Итого . . .	2075,0 1193,4	33867,0 16581,2	— 5,968

* В числителе показатели в контроле, в знаменателе — близ НПЗ.

растет в довольно жестких условиях загазованного воздуха. Содержание серы у однолетней хвон достигает летального уровня к концу вегетации, ее количество находится в пределах 2,47—2,25 г

Таблица 2

Биомасса хвон, суммарная поверхность и накопление двуокиси серы в кронах деревьев лиственницы * 11-летней культуры (в пересчете на 1 га)

Вид хвон	Вес, кг	Поверхность, м ²	Двуокись серы, кг
Одиночная	381,0	9268,0	—
	173,4	4939,0	1,838
Пучковая	1686,0	73728,0	—
	991,0	47917,6	10,505
Итого	2067,0 1164,4	82996,0 52856,6	— 12,343

* В числителе показатели в контроле, в знаменателе — близ НПЗ.

на 1 кг сухого вещества. У двух- и трехлетней хвон сера содержится соответственно в пределах 2,65—2,75 г и 2,10—2,25 г. Поэтому не случайно резкое падение общего веса хвон, особенно двух- и трехлетней (более чем в два раза по сравнению с контролем).

При сопоставлении с сосной газопоглощительная способность лиственницы выше. Один килограмм сухой хвои лиственницы содержит 5,3 г серы. Это количество серы относится к каждому виду хвои в отдельности, т. е. одиночная и пучковая хвоя извлекает из воздуха равное количество двуокиси серы на единицу веса.

Таблица 3

Биомасса хвои, суммарная поверхность и накопление двуокиси серы в кронах сосны разновозрастных культур окрестностей медеплавильного завода (в пересчете на 1 га), 1973 г.

Год появления хвои	Вес, кг	Поверхность, м ²	Двуокись серы, кг
17-летняя сосна *			
1969/70	<u>338,8</u> —	<u>5324,0</u> —	—
1971	<u>471,2</u> <u>352,4</u>	<u>8730,0</u> <u>3239,2</u>	— <u>1,081</u>
1972	<u>960,4</u> <u>602,4</u>	<u>13706,0</u> <u>6082,0</u>	— <u>1,571</u>
1973	<u>1175,6</u> <u>808,8</u>	<u>17687,0</u> <u>8982,4</u>	— <u>1,920</u>
Всего	<u>2946,0</u> <u>1763,6</u>	<u>45447,0</u> <u>18303,6</u>	— <u>4,572</u>
22-летняя сосна **			
1969/70	—	—	—
1971	<u>841,2</u> <u>512,8</u>	<u>6768,0</u> <u>4026,0</u>	<u>2,581</u> <u>1,573</u>
1972	<u>1108,0</u> <u>584,8</u>	<u>11212,0</u> <u>6555,2</u>	<u>2,890</u> <u>1,525</u>
1973	<u>1463,2</u> <u>932,0</u>	<u>17598,8</u> <u>8518,8</u>	<u>3,474</u> <u>2,213</u>
Всего	<u>3412,4</u> <u>2029,6</u>	<u>35578,8</u> <u>19100,0</u>	<u>8,945</u> <u>5,311</u>

* В числителе — контроль, в знаменателе — вблизи медеплавильного завода.

** В числителе — деревья 1 класса, в знаменателе — деревья 2 класса.

В целом 1 га сосновой культуры извлекает из воздуха 6 кг двуокиси серы, а 1 га лиственницы — 12 кг. Нами учитывается только то количество серы, которое содержится в хвое в данный момент. Так как существует мнение, что определенная часть токсиканта накапливается в других органах растения и происходит его отток в них, а также вымывание из листа дождевой водой, то

газопоглотительная способность 11-летних сосново-лиственничных культур будет выше (Илькун, 1971).

Заметное отрицательное влияние загазованного воздуха на накопление биомассы хвои мы наблюдали вблизи одного из медеплавильных заводов Южного Урала. Биомасса хвои 1973 г. в загазованном воздухе составила 68,8%, 1972 г. — 62,7% и 1971 г. — 74,8% от контроля. В целом 1 га сосновой культуры в возрасте 17 лет под влиянием дымовых отходов медеплавильного завода сократил биомассу хвои с 2946 кг до 1763,9, т. е. в 1,6 раза (см. табл. 3). Это, конечно, значительное сокращение общей газопоглотительной способности культуры, однако его необходимо рассматривать как неизбежную плату за очень важное в санитарно-гигиеническом отношении свойство древостоев сосны вообще оздоравливать атмосферный воздух. В целом 1 га 17-летних культур нейтрализует 4,572 кг, а 22-летних — 14,256 кг двуокиси серы. Следовательно, всего лишь один квартал (1×1 км) лесных культур способен извлечь из воздуха соответственно 457,2 и 1425,6 кг сернистого ангидрида. Это существенный вклад в оздоровление атмосферного воздуха.

ВЫВОДЫ

1. Древесно-кустарниковые насаждения в окрестностях заводов целесообразно расценивать, прежде всего, как зеленый фильтр, призванный извлекать из воздуха и обезвреживать газообразные промышленные токсиканты.

2. Газопоглотительную функцию древесных растений допустимо оценивать с помощью того количества токсиканта, которое задержалось в листьях и поэтому после листопада окажется в условиях наиболее жесткой локализации.

3. В структуре зеленого фильтра необходимо различать фронтальную, срединную и тыловую части, которые призваны соответственно разрушать газовые потоки, существенно снижать их концентрацию и, наконец, полностью обезвреживать. Выполнение этих функций обеспечивается, соответственно, подбором высокогазостойчивых видов, видов с максимально выраженной газопоглотительной способностью, обладающих значительной биомассой листьев и различными сроками облиствения.

4. Сосна обыкновенная, обладая определенной газоустойчивостью, способна извлекать из воздуха газообразные сернистые соединения в количествах, позволяющих рассчитывать размер лесных культур с целью полного оздоровления атмосферы. Оптимизация условий роста и долговечности сосновых культур ведет к увеличению общей биомассы хвои и более полной очистки атмосферы от токсикантов.

5. В индустриальной дендрэкологии теория создания зеленого фильтра и методов повышения его коэффициента полезного действия должна быть создана в предельно сжатые сроки.

ЛИТЕРАТУРА

- Грошев А. П. 1958. Технический анализ. М.
- Илькун Г. М. 1971. Газоустойчивость растений. Киев.
- Кулагин Ю. З. 1973. Газоустойчивость растений и преадаптации. «Экология», № 2.
- Кулагин Ю. З. 1974. Древесные растения и промышленная среда. М.
- Кротова Н. Г. 1959. Влияние задымления воздуха на сосну в лесной опытной даче ТСХА. Автореф. канд. дис. М.
- Молчанов А. А., Смирнов В. В. 1967. Методика изучения прироста древесных насаждений. М.
- Молчанов А. А. 1970. Загрязнение атмосферы вредными для растений промышленными выбросами. «Докл. советских ученых на Междунар. симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду», т. 2. М.
- Подзоров Н. В. 1966. Некоторые причины усыхания сосновых насаждений естественного и искусственного происхождения в Охтинской лесной даче. Канд. дис. Л.
- Подзоров Н. В. 1967. Пылезадерживающая роль насаждений (исследования в Охтинском учебно-опытном лесхозе). «Лесное хозяйство», № 6.
- Подзоров Н. В. 1972. Накопление соединений серы в хвое сосны под влиянием дымовых выбросов. «Лесное хозяйство», № 5.
- Рязанов В. А. 1954. Санитарная охрана атмосферного воздуха. М.
- Чуваев П. П., Кулагин Ю. З., Гетко Н. В. 1973. Вопросы индустриальной экологии и физиологии растений. Минск.