

Концентрация тяжелых металлов в снежном покрове и реакция лесных насаждений на эмиссии

И. А. Царев¹

Воронежская государственная лесотехническая академия

В работе исследуется количественное содержание железа, марганца, меди, кадмия, цинка и свинца (продуктов отработавших газов автомобильного транспорта) в снежном покрове придорожной полосы и лесного массива, прилегающего к автострате Москва-Воронеж, и показана реакция сосновых насаждений на эмиссии.

Ключевые слова: газы автотранспорта, дигрессия, загрязнение окружающей среды, лесные массивы, техногенез, тяжелые металлы, эмиссии.

В настоящее время города, близлежащие сельхозугодья и лесные массивы все больше подвергаются антропогенному воздействию, что пагубно сказывается на их состоянии, а в отдельных случаях возникает критическая экологическая обстановка.

В комплексе антропогенных факторов, отрицательно действующих на природную среду, особое место по масштабам и опасности воздействия составляют промышленные и автотранспортные выбросы. Причем во многих регионах автотранспорт занимает ведущее место среди всех видов источников загрязнения окружающей среды, и его доля ежегодно увеличивается. Уже сейчас, по данным ряда авторов, автомобили вносят от 44 до 90% от суммарного выброса загрязняющих веществ в атмосферу [1-4].

В атмосферу попадает целый спектр тяжелых металлов, пыли и нефтепродуктов, которые по токсичности и влиянию на окружающую среду в большинстве случаев имеют наибольший вес. Наибольшее влияние на окружающую среду и человека, по данным Ю. В. Ивановой, А. Т. Козлова и др., оказывают свинец, цинк, кадмий, медь, марганец, железо и др. [5-6].

Мерилом токсичности техногенной нагрузки, по данным Ю. В. Ивановой, считается заболеваемость детей, которая в районах с интенсивным автомобильным движением в 3-5 раз выше, чем в экологически безопасных. Врожденные аномалии и пороки у детей различных регионов за последние десятилетие увеличились более чем в три раза и достигают 31 - 44% [4, 5].

Воздействие отработавших газов автотранспорта и других эмиссий гораздо раньше можно проследить на

лесных насаждениях, так как восприимчивость древесных видов к загрязнению многими фитотоксикантами значительно выше, чем у человека или животных [7]. В придорожных насаждениях растения теряют устойчивость и способность к самовозобновлению, у них снижается интенсивность роста, сокращается продолжительность жизненного цикла, наблюдаются изреживание и гибель насаждений [8, 9].

На смену лесам на обширных территориях приходит степная растительность, а иногда и пустыня [6]. За последние годы в ряде западноевропейских стран в результате загрязнения атмосферы эмиссиями резко возросли масштабы повреждений и отмирания лесов. Так, по данным Lehringer, Wunder, Brelon, Kirch и др., такие повреждения лесов в ФРГ составляли 34%. Из хвойных пород наиболее сильно повреждались пихта (87%), сосна (59%) и ель (51%); из лиственных - бук (50%) и дуб (43%) [10, 11].

По данным П. С. Пастернака и др., площадь поврежденных лесов в ФРГ составляла около 2,5 млн. га, в Польше - 654 тыс. га, в Чехословакии - 692 тыс. га, в Австрии - 200 тыс. га. В долине р. Коппер в восточной части США (штат Теннесси) от выброса сернистого ангидрида и тяжелых металлов полностью повреждены и превратились в "промышленную пустыню" 2 800 га смешанных лесов, а на площади 6 900 га осталась только травянистая растительность [7]. Охрана лесов от повреждения эмиссиями считается серьезной проблемой и в Великобритании, Швеции, Швейцарии и других стран [10].

Для выявления причин аномалий роста и сохранности лесных насаждений, связанных с загрязнением среды, необходимы количественные оценки пространственных и временных изменений, выявление связи наблюдаемых изменений с потенциальными причинами этих явлений, изучение химических и физико-механических свойств древесины, анализ почв на наличие токсичных тяжелых металлов.

Наиболее полно изучено воздействие на древесную растительность двуокиси серы и окиси азота [7, 12, 13]. По данным исследований Х. Г. Десслера и др., весьма восприимчивы к загрязнению SO₂ ель, сосна, лиственница; маловосприимчивы - дуб, клен, ива, береза [12]. По данным S. Huttunen (цит. по П. С. Пастернаку и др. [7]), для хвойных пород опасна среднегодовая концентрация токсикантов SO₂ = 0,03 мг/м³, для березы - 0,05 мг/м³. К окиси азота наиболее восприимчивы береза и лиственница; средняя степень восприимчивости характерна для клена, липы, ели; наиболее устойчивыми считаются дуб и ильм. Р. Гудериан порогом токсичности окиси азота при долговременном воздействии на лес считает 350 мкг/м³ [13].

Древесные породы очень удобны для биомониторинга, некоторые из них сильно реагируют на промышленные и автотранспортные эмиссии и могут выступать в качестве биоиндикаторов.

¹ Автор - аспирант лесоинженерного факультета ВГЛТА

По данным А. И. Федоровой и др. [1, 15], наиболее чувствительными к выхлопным газам автомобильного транспорта среди лиственных пород оказались каштан конский, липа, клен, осина и белые тополя.

А. М. Луговской подчеркивает, что лесные насаждения реагируют на загрязнение атмосферного воздуха при более низкой концентрации, чем человек, и поэтому уровень ПДК (например для сосны) необходимо уменьшить до 0,2 от ныне существующего [14].

Влияние тяжелых металлов отработавших газов автомобильного транспорта на лесные сообщества изучено недостаточно. Оценку загрязнения этими эмиссиями конкретного района, как считают Н. М. Дронин, В. А. Агафонов, Г. П. Буганов, А. Г. Ильдерханов и др. [3, 16], можно проводить по загрязнению снежного покрова. Снежный покров отражает всю геохимическую ситуацию за зимний период благодаря высокой сорбционной способности. Во время снегопада снежный покров получает из атмосферы существенную часть продуктов техногенеза. В нем аккумулируются также все выпадающие из воздуха вещества в периоды между снегопадами.

С целью получения детальной картины загрязнения воздушной и придорожной среды отработавшими газами автомобилей на автодороге Москва - Воронеж вблизи г. Воронежа в районе Правобережного лесничества (кварталы № 40, 42, 44, 46, 48, 50) в 1995 - 1996 годах проводилось определение тяжелых металлов в снежном покрове. Отбор снежных проб массой до 2 кг осуществлялся на протяжении от 579 до 582 км и на расстоянии от оси шоссе 5, 19, 24 и 29 м в 20 точках.

В пробах определялось содержание свинца и цинка (1 класс опасности), меди и кадмия (2 класс), марганца и железа (3 класс опасности). Данные получены при помощи экспрессного анализа проб (без предварительной их подготовки) рентгеновским анализатором AP-104. Результаты определений представлены в табл.1. Сравнение результатов проводилось с контрольными пробами, взятыми во время снегопада в районе Усманского бора как наиболее отдаленного от промышленных районов Воронежа.

Исследования показали, что максимальная концентрация тяжелых металлов в снежном покрове придорожного пространства наблюдалась в 24-метровой зоне и превышала контроль в следующих пределах: меди - в 1,2-3,8; цинка - в 1,1-1,9; марганца - в 1,4-12; железа - в 1,7-10,4; кадмия - в 1,3-3,3 и свинца - в 2-9 раз. Пиковые значения концентрации тяжелых металлов в этой зоне приходятся на территорию, прилегающую к посту Государственной автоинспекции (ГАИ), расположенному у 580-го километра трассы, и превышают ПДК в десятки раз.

В лесном массиве (29 м от оси шоссе) концентрация тяжелых металлов в снежном покрове резко снижалась (по цинку и свинцу - в 1,5-2, меди и марганцу - в

4-4,5, по железу - в 5 раз) и по большинству показателей приближалась к контролю. Исключение составляли свинец, содержание которого превышало контроль в 2,5-3 раза, и кадмий, рассеяние которого было почти равномерным.

Для выяснения санитарного состояния древостоя Правобережного лесничества в местах примыкания к автодороге Москва - Воронеж были обследованы культуры сосны, испытывающие различную степень рекреационной нагрузки. Полученный материал свидетельствует о том, что в непосредственной близости к автодороге встречается наибольшее количество поврежденных, усыхающих и уже усохших деревьев (табл. 2).

Статистическая обработка полученных данных подтвердила зависимость состояния лесных насаждений от интенсивности антропогенного воздействия и, в частности, от загрязнения атмосферы и почвы отработавшими газами автотранспорта.

Анализ лесоустроительных материалов по Воронежскому учебно-опытному лесхозу за период с 1953 по 1994 год показал, что наблюдается увеличение количества поврежденных и усохших деревьев и расширение непокрытой лесом площади. Особенно большую нагрузку техногенеза испытывают сосняки, расположенные в непосредственной близости от города и автомагистрали Москва - Воронеж. Эти насаждения находятся на 4 и 5 стадиях дигрессии, и способность к самовосстановлению у них утрачена. Таких насаждений сосны насчитывается около 3% от общей площади. Около 14% территории относится к 3 стадии дигрессии и требует немедленного снижения антропогенных нагрузок. Остальная площадь Правобережного лесничества находится преимущественно на 2 стадии дигрессии.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшая концентрация тяжелых металлов отработавших газов автомобильного транспорта в снеге отмечена в пределах 24-метровой зоны, прилегающей к оси автодороги. В лесном массиве она резко снижается и по большинству ингредиентов приближается к контролю. Исключение составил свинец, содержание которого в лесном массиве, хотя и снизилось почти вдвое, остается очень высоким и превышает контроль в 2,5 - 3 раза.
2. Максимальная концентрация тяжелых металлов наблюдалась возле поста ГАИ и была следующей: железо - 6,45 - 12,21; марганец - 0,1-0,29; медь - 0,22-0,23; цинк - 0,06-0,09; свинец - 0,03-0,09 мг/л. Учитывая значительные превышения по этим показателям ПДК, необходимо проводить постоянный плановый контроль за состоянием здоровья работников ГАИ, обслуживающих пост на 580-м километре трассы Москва - Воро-

неж, а также за содержанием тяжелых металлов в почве и в снежном покрове.

3. Реакция сосновых насаждений на эмиссии выражается в снижении количества здоровых деревьев (потери до 30%), увеличении поврежденных и усохших деревьев и расширении непокрытых лесом площадей. Насаждения сосны, находящиеся в непосредственной близости от источника эмиссии, потеряли способность к самовозобновлению и относятся к участкам с 4 и 5 стадиями дигрессии и составляют примерно 3% от общей площади. Около 14% территории относится к 3 стадии, остальная площадь Правобережного лесничества находится преимущественно на 2 стадии дигрессии.
4. Для оздоровления окружающей среды в районе автомагистралей необходимо снижать выбросы отработавших газов в атмосферу путем применения каталитических нейтрализаторов и более современных видов топлива, а также контроля за техническим состоянием автомобилей и увеличивать объемы посадок лиственных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова А. И. Биоиндексация состояния городской среды по реакциям древесных растений // Геоэкологические проблемы устойчивости развития городской среды. Воронеж: Квадрат, 1996. С. 212-213.
2. Жданова М. Дорогу охраняют деревья // Коммуна. 1995. 13 июля. № 130. С. 4.
3. Дронин Н. М. Оценка вклада непромышленных источников тяжелых металлов в загрязнение городских почв // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. Воронеж: Квадрат, 1996. С. 183-184.
4. Вардуни Т. В. Перестройки хромосом в клетках высших растений как показатель мониторинга мутагенов окружающей среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Воронежский гос. ун-т. Воронеж, 1997. 24 с.
5. Иванова Ю. В. Геохимический метод и математическое моделирование при оценке загрязненности атмосферы городов // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. Воронеж: Квадрат, 1996. С. 190-192.
6. Козлов А. Т., Васильев А. А., Зайцев А. Ф., Гапо Е. Г. Эколого-экономические проблемы региона. Воронеж: Квадрат, 1996. 168 с.
7. Пастернак П. С., Ворон В. П., Мазепа В. Г. Влияние промышленного загрязнения атмосферы на лесные экосистемы и повышение их устойчивости. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1985. 35 с.
8. Григорьевская А. Я., Хрипьякова В. Я., Быковская О. П. Современное состояние растительности геокмплексов г. Воронежа и ее эколого-индикационные свойства // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. Воронеж: Квадрат, 1996. С. 223-226.
9. Пельтихина Р. И., Рубина А. М., Журнаджи Т. Г. Оптимизация насаждений промплощадок Донбасса введением устойчивых цветочно-декоративных интродуцентов // Там же. С. 238-240.
10. Воздействие дымовых и газовых выбросов на леса в странах Западной Европы: Пер. с нем. // Лесное хозяйство за рубежом: Экспресс-информ. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР. 1985. Вып. 7. С.17-19.
11. Масштабы повреждения лесов в ФРГ // Лесное хозяйство за рубежом: Экспресс-информ. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР. 1985. Вып. 19. С. 16-17.
12. Десслер Х. Г. и др. Влияние загрязнений воздуха на растительность. М.: Лесная пром-сть, 1981. 184 с.
13. Гудериан Р. Загрязнение воздушной среды. М.: Мир, 1979. 200 с.
14. Луговской А. М. Биомониторинг состояния атмосферного воздуха г. Воронежа // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. Воронеж: Квадрат, 1996. С. 240.
15. Федорова А. И., Царева Р. П., Шунелько Е. В. Устойчивость тополей к выбросам автотранспорта в условиях экосистемы г. Воронежа // Там же. С. 226-227.
16. Агафонов В. А., Бутаков Г. П., Ильдерханов А. Г. Экологическая обстановка на территории г. Казани и в Приказанском регионе // Там же. С. 186-188.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в пробах снега
(среднее из трех повторностей)

Расстояние от источника загрязнения, м	Содержание тяжелых металлов, мг/л					
	железо	марганец	медь	кадмий	свинец	цинк
1	2	3	4	5	6	7
Первый пункт отбора -579 км						
5	3,976	0,0558	0,0116	0,0020	0,0516	0,0732
19	3,238	0,0740	0,0094	0,0014	0,0216	0,0466
24	7,448	0,0888	0,0078	0,0016	0,0312	0,0420
29	0,742	0,0118	0,0024	0,0022	0,0300	0,0420
Второй пункт отбора -580 км - пост ГАИ						
5	6,448	0,1002	0,0120	0,0016	0,0308	0,0638
19	12,206	0,2948	0,0236	0,0026	0,0548	0,0842
24	6,070	0,1240	0,0216	0,0036	0,0934	0,0866
29	4,134	0,0762	0,0070	0,0022	0,0266	0,0452
Третий пункт отбора -581 км						
5	1,684	0,0358	0,0052	0,0022	0,0314	0,0488
19	4,146	0,0524	0,0072	0,0020	0,0256	0,0550
24	2,134	0,0534	0,0116	0,0020	0,0242	0,0534
29	2,512	0,0384	0,0102	0,0030	0,0250	0,0374
Четвертый пункт отбора -582 км						
5	2,414	0,0524	0,0298	0,0022	0,0380	0,0418
19	0,944	0,0336	0,0140	0,0024	0,0314	0,0420
24	7,824	0,1152	0,0218	0,0024	0,0400	0,0628
29	1,342	0,0258	0,0038	0,0020	0,0264	0,0460
Пятый пункт отбора (контроль)						
январь	1,814	0,0248	0,0068	0,0012	0,0072	0,0342
март	0,528	0,0224	0,0088	0,0010	0,0142	0,0552
Среднее по контролю	1,171	0,0236	0,0078	0,0011	0,0142	0,0552
Наличие в эталоне водопроводн. воды (по Козлову и др. [6])	0,012	0,010	0,010	0,0015	0,0000	0,0100

Таблица 2

Санитарное состояние древостоя
(в зависимости от удаления от источника автотранспортного воздействия)

Расстояние от шоссе, м	№ кварталов	Всего деревьев, шт/га	В том числе, в %			
			здоровых	поврежденных	усыхающих	усохших
50	32	520	54	35	5	6
100	32	1200	61	30	4	5
150	34	550	62	33	3	2
200	34	635	62	30	3	5
400	36	550	69	21	4	6