

УДК 630*18

Н.В. Шубина, Ю.Л. Юрьев, М.В. Винокуров

Шубина Наталья Валерьевна родилась в 1974 г., окончила в 1997 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, старший преподаватель кафедры теории и методики технологического образования Нижнетагильской государственной социально-педагогической академии. Имеет 8 печатных работ в области лесохимии, химической переработки древесной зелени, экологии.

E-mail: nata-shubina@yandex.ru



Юрьев Юрий Леонидович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой химической технологии древесины Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 130 печатных работ в области термохимической переработки древесины.

E-mail: bluestones@mail.ru



Винокуров Михаил Владимирович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Уральский государственный лесотехнический институт, кандидат химических наук, руководитель Учебно-консультационного центра «Экологическая безопасность» в сфере природопользования и охраны окружающей среды Главного управления Росприроднадзора по УРФО. Имеет около 65 печатных работ в области промышленной экологии.

Тел.: 8(343) 262-96-76

**ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ И ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ
ХВОИ СОСНЫ**

Исследовано содержание в хвое пигментов и некоторых тяжелых металлов в зависимости от расстояния до источника загрязнения.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, выбросы, хвоя, металлургия.

Сосна обыкновенная весьма чувствительна к загрязнению воздушной среды [6], которое может влиять на безопасность производимых из древесной зелени продуктов – хлорофилло-каротиновой пасты, эфирного масла, хвойного воска.

Объектом нашего исследования служила древесная зелень сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). В тканях хвои раньше всего проявляются изменения, вызванные промышленными эмиссиями [7].

Исследования проводили на территории, прилегающей к Нижнетагильскому металлургическому комбинату (ОАО НТМК) в Свердловской области. Источник выбросов действует с 1940 г. Вокруг него сконцентрированы зоны поражения, обусловленные воздействием оксидов железа, соединений марганца, меди, никеля, свинца, хрома, цинка, а также диоксидов серы и углерода. Роза ветров асимметрична, преобладают ветры, дующие в западном и юго-западном направлениях (рис. 1). Пробные участки расположены

к югу и юго-востоку от комбината, т. е. перпендикулярно господствующим ветрам. Это определяет небольшую протяженность градиента загрязнения, который выходит на региональный фон и не пересекается с зонами загрязнения от других источников. По объему выбросов токсичных веществ НТМК является единственным крупным источником в исследуемом районе, т. е. моноисточником.

Специфика токсического эффекта выбросов металлургического комбината заключается в совместном действии тяжелых металлов и диоксида серы. Последний, подкисляя среду, увеличивает подвижность, следовательно, и биологическую активность ионов металлов, что приводит к резкому усилению их токсического влияния. Объем и структура основных выбросов исследуемого источника эмиссии в течение периода наблюдений (июнь 2004 г. – май 2005 г.) были постоянными [2, 3]: оксиды железа – 4801; марганец и его соединения – 182; оксид меди – 1,68; оксид никеля – 3,52; свинец и его соединения – 6,03; общий хром – 39,58; оксид цинка – 2,94; диоксид серы – 6373; диоксид углерода – 66 161 т.

Пробные участки расположены на территории Нижнетагильского лесхоза. Описания участков, представленные в табл. 1, показывают их сходство по основному растительному составу и дают возможность сравнивать состояние хвои. На участках ежемесячно отбирали хвою первого года жизни с 10 модельных деревьев, готовили смешанную аналитическую пробу. Содержание тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [6, 8], серы – гравитометрическим [5], фотосинтезирующих пигментов – спектрофотометрическим [1, 7].

Таблица 1

Характеристика экспериментальных участков

№ участка	Удаленность от факела выбросов, км	Происхождение	Ярус	Класс бонитета	Тип лесорастительных условий*
1	5	Лесные культуры, 10С	1	II	СЯГ
2	15	То же	1	II	»
3	25	« 8С2Л+Б	1	III	»
4	65	5С1Л1Е2Б1Ос	1	III	ЕСЯГ

*СЯГ – сосняк ягодниковый; ЕСЯГ – ельник-сосняк ягодниковый.

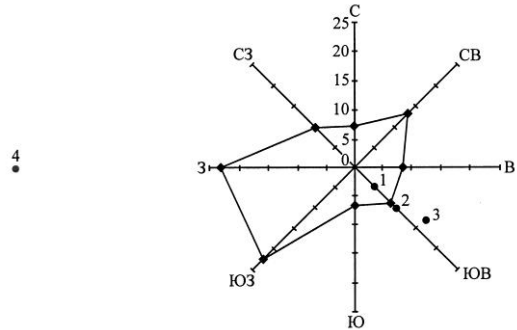


Рис. 1. Роза ветров в июне 2004 г. – мае 2005 г. и расположение пробных участков 1 – 4 (точка 0 – источник выбросов)

Таблица 2

Выбросы	Участок			
	1	2	3	4
Mn	0,04729	0,01596	0,01028	0,00314
Fe	0,02558	0,00950	0,00675	0,00220
Zn	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Ni	0,00042	0,00010	0,00006	0,00002
Cu	0,00096	0,00025	0,00015	0,00006
Pb	0,00380	0,00082	0,00049	0,00017
Cd	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Cr	0,00142	0,00026	0,00013	0,00004
S	0,03496	0,01726	0,01264	0,00511
CO ₂	0,00564	0,00231	0,00166	0,00059

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воздухе рассчитаны по программе, разработанной фирмой ООО «Интеграл» на основе модели, подготовленной ГГО им. А.И. Воейкова под руководством проф. Е.Л. Генеховича. Расчеты выполнены для всех пробных участков, использованы данные обо всех источниках выбросов НТМК за исследуемый период.

Сравнивали среднегодовое содержание загрязняющих веществ в воздухе (доли ПДК) (табл. 2) с содержанием в хвое тяжелых металлов и фотосинтезирующих зеленых и желтых пигментов (табл. 3).

Как видим, содержание загрязняющих веществ в воздухе пробных участков увеличивается с приближением к источнику загрязнения. Марганец и железо ведут себя противоположным образом: с удалением от источника содержание в хвое марганца увеличивается, а железа – снижается. Отмечена также положительная корреляция с расстоянием для меди и отрицательная для свинца, кадмия, хрома, серы и пигментов. В содержании цинка и никеля достоверных изменений не обнаружено.

Таблица 3

Тяжелые металлы и пигменты	Участок				Коэффициент корреляции*
	1	2	3	4	
Mn	219,2	278,7	295,5	449,2	0,93
Fe	87,2	49,6	35,0	29,8	-0,93
Zn	45,6	44,7	30,0	47,0	-0,17
Ni	4,40	5,13	4,03	4,02	-0,55
Cu	3,15	3,33	3,40	3,72	0,97
Pb	2,35	1,91	1,04	0,95	-0,96
Cd	0,197	0,244	0,146	0,025	-0,84
Cr	1,70	1,46	1,38	1,37	-0,90
S	0,096	0,056	0,051	0,044	-0,88
Сумма хлорофиллов	207,9	217,9	174,1	188,1	-0,68
Каротиноиды	72,2	71,1	64,1	66,7	-0,81

* Жирным шрифтом выделены достоверные зависимости от расстояния до источника загрязнений.

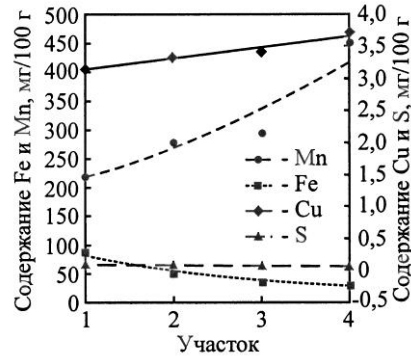


Рис. 2. Содержание в хвое первого года биофильных элементов

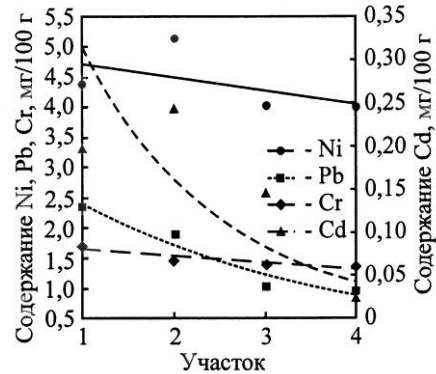


Рис. 3. Содержание в хвое токсичных элементов

Соединения железа являются основным составляющим твердых выбросов металлургического производства. В растениях в естественных условиях железо входит в состав многих биологически активных соединений. При увеличении концентрации в воздухе возрастает его количество в клетках растений. Железо вытесняет другие биофильные микроэлементы, заменяя их в процессе жизнедеятельности клетки [4]. Наши исследования показали, что даже сравнительно невысокая концентрация соединений железа в воздухе (ниже ПДК) существенно влияет на его содержание в хвое (рис. 2).

Железосеросодержащие белки необходимы для жизни клетки. С удалением от источника загрязнения уменьшается концентрация серы как в воздухе, так и в хвое. Содержание биофильных марганца и меди в хвое возрастает с удалением от источника выбросов и снижением их количества в воздухе. По-видимому, это связано с уменьшением доли железа в хвое.

Никель и хром также являются микроэлементами клетки. Хотя их содержание в тканях и невелико, их повышенная концентрация отрицательно влияет на состояние хвои. Вблизи загрязнителя (участки 1, 2) хвоя активно накапливает эти элементы, с удалением от источника их количество снижается (рис. 3). Содержание никеля на участках 1, 2 приближается к ПДК для пищевого сырья.

Цинк – один из важнейших микроэлементов живых организмов. Его содержание в воздухе незначительно, и концентрация в хвое первого года жизни не зависит от расстояния до источника выбросов.

Свинец и кадмий являются наиболее токсичными элементами. Их содержание в воздухе незначительно, в хвое же вблизи источника загрязнений довольно велико и приближается к ПДК [9]. С удалением от загрязнителя концентрация этих элементов в воздухе и хвое снижается (рис. 3). С возрастом хвоя может аккумулировать их значительное количество. При переработке древесной зелени они могут перейти в продукты в количествах, превышающих ПДК.

Вследствие увеличения содержания в воздухе углекислого газа с приближением к источнику загрязнения в результате адаптации возрастает и содержание фотосинтезирующих пигментов (рис. 4).

Таким образом, металлургическое производство как основной источник техногенного загрязнения в районе Нижнего Тагила оказывает существенное влияние на микроэлементный состав хвои сосны обыкновенной первого года жизни, что сказывается на качестве продуктов переработки древесной зелени.

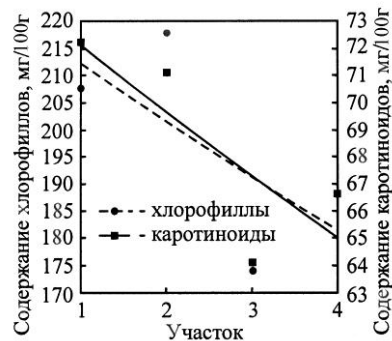


Рис. 4. Содержание в хвое фотосинтезирующих пигментов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1975. – 392 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2004 году» / Мин-во природных ресурсов Российской Федерации. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2005. – 494 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году» / Мин-во природных ресурсов Российской Федерации. – Там же, 2006. – 500 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 498 с.
5. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
6. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. Утв. ГКСЭН 25.12.1992 г. № 01–19/47–11.
7. Методы биохимического анализа растений / под ред. В.В. Полевого, Г.Б. Максимова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 192 с.
8. Прокаев В.И. Физико-географическое районирование Свердловской области. – Свердловск: Свердл. пед. ин-т, 1976. – 144 с.
9. СанПиН 42-123-4089–86. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. – М.: Мин-во здравоохранения, 1986. – 56 с.
10. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983. – 144 с.

N.V. Shubina, Yu.L. Yurjev, M.V. Vinokurov

Influence of Emissions of Metallurgical Manufacture on Microelement and Pigmentary Structure of Pine Needles

The content of pigments and some heavy metals in needles is investigated depending on the distance from the pollution source.

Keywords: heavy metals, pollution, emissions, needles, metallurgy.