

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЫЛЬ КАК ИСТОЧНИК ПОСТУПЛЕНИЯ СУРЬМЫ В ГОРОДСКУЮ СРЕДУ

к.г.-м.н. Е.П. Янин

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
Москва
yanin@geokhi.ru

Изучено распределение сурьмы в промышленной пыли, образующейся в ходе технологических процессов на различных предприятиях. Установлено, что многие разновидности пыли отличаются ее высоким валовым содержанием и являются источником поступления этого химического элемента в городскую среду. Это находит отражение в формировании достаточно интенсивные техногенных аномалий сурьмы в почвах промышленных зон.

Сурьма и ее соединения применялись и продолжают применяться при изготовлении эмалированной посуды, керамики, стекла, красок и пигментов, текстильных и резиновых предметов, огнеупорных тканей, брезента, в медицине, в металлургии (в баббитовых сплавах, для воронения стали), в электроламповой, автомобильной, кабельной, резинотехнической и аккумуляторной промышленности, в производстве антипиренов, в пиротехнике, в аналитической химии, в сельском хозяйстве (в качестве фунгицидов), для изготовления полупроводников, входят в состав жаростойких красок и эмалей, тканей, сплавов, используемых для производства подшипников, типографских шрифтов, труб для перекачки агрессивных жидкостей, пуль и шрапнели, [7, 8, 14]. В настоящее время около половины производимой в мире сурьмы используется в виде металла и сплавов для изготовления решеток аккумуляторных батарей, подшипников (баббит), типографского шрифта и др. [5]. В последние годы возрос выпуск ее оксидных соединений, главным образом для получения огнестойких покрытий. Важная область применения оксидных форм сурьмы – вулканизация резины, а сульфидных (крудум) – спичечное производство. Растет спрос на сверхчистый металл, используемый для производства полупроводников. Применение сплавов сурьмы в связи с внедрением их заменителей в автомобильной промышленности и ростом потребления оксидов (особенно в производстве противопожарных материалов) с каждым годом сокращается. В целом же спрос на сурьму по-прежнему остается стабильным. Структура современного потребления сурьмы выглядит так (в %): защитные покрытия и пропитки – 60; изготовление аккумуляторных батарей и подшипников – 20; химическая продукция – 10; керамическое и стекольное производство, другие производства – 6. Необходимо отметить, что сурьма в качестве естественной примеси может присутствовать в различных материалах, ископаемых углях и др.

Биологическая (физиологическая) роль сурьмы в организме человека до конца не изучена, но достаточно давно установлено, что сурьма и ее соединения относятся к токсичным веществам, оказывающим негативное влияние на живые организмы [2, 3, 7, 8]. В частности, сурьма реагирует с SH-группами

ферментов, что во многом предопределяет ее высокую токсичность. У профессиональных рабочих пыль и пары сурьмы вызывают носовые кровотечения, сурьмяную «литейную лихорадку», пневмосклероз, поражают кожу, нарушают половую функцию. Считается, что сурьма в силу своей высокой технофильности представляет достаточно серьезную экологическую опасность, хотя поведение ее в окружающей среде в условиях техногенеза изучено слабо [1].

Одним из источников поступления сурьмы в городскую среду являются пылевые выбросы промышленных предприятий. Необходимо отметить, что особенности распределения этого химического элемента в промышленной пыли изучены недостаточно полно, что, отчасти, связано с отсутствием в России обязательного контроля ее эмиссии с пылевыми выбросами промышленных предприятий.

На промышленных предприятиях, как правило, существуют два основных потока пылевых выбросов: а) организованные выбросы пыли, поступающей в атмосферу через системы газоходов и труб после очистки; б) неорганизованные выбросы пыли, поступающей во внешнюю среду через окна, двери, местную вентиляцию. С эколого-гигиенических позиций рационально различать следующие виды промышленной пыли [11]: а) технологическую пыль, которая образуется в ходе основных производственных процессов; ее количество и состав характеризуют организованный выброс предприятия; при изучении ее состава отбираются пробы пыли из газоходов и очистных установок; б) вентиляционную пыль, которая образуется при местных технологических процессах и характеризует неорганизованные пылевые выбросы; при изучении ее состава отбираются пробы пыли из вентиляционных систем цехов; в) пыль, которая осаждается в производственных помещениях и в определенной мере отражает качество производственной среды; при изучении ее состава отбираются пробы пыли (пылесметы) с различных поверхностей – эстакад, столов, подоконников и т. п.

Исследования распределения сурьмы в пылевых выбросах промышленных предприятий были выполнены в г. Саранске. Отбор проб промышленной пыли осуществлялся при помощи стеклянного шпателя (технологическая и вентиляционная пыль) и волосяной кисти (пылесметы) в полиэтиленовые пакеты. На каждом из обследованных предприятий отбиралась средняя проба (составленная из 7–10 частных проб) соответствующих видов пыли (масса одной общей пробы – не менее 300 г). Из каждой пробы после тщательного ее перемешивания отбирались аналитические навески, в которых распределение сурьмы исследовалось количественным эмиссионным спектральным методом.

Анализ полученных данных показал, что практически все обследованные предприятия эмитируют в окружающую среду пыль, в которой в тех или иных количествах содержится сурьма, причем уровни содержания ее нередко существенно превышают концентрации в верхнем горизонте фоновых почв и среднюю концентрацию в осадочных породах Русской плиты, являющихся основными природными источниками атмосферной пыли (табл. 1). Предприятия по интенсивности концентрирования сурьмы, прежде всего, в технологической пыли могут быть разделены на четыре группы. Так, экстремально высокие уровни этого химического элемента (в десятки и сотни раз выше концентраций в почвах и осадочных породах) установлены для технологической пыли тех предприятий, где этот металл и его соединения непосредственно используются в производстве или входят в состав применяемых материалов (заводы электроламповый, полупроводниковых

изделий, силовых источников света и электровакуумного стекла, типография). Высокие уровни сурьмы в пыли завода железобетонных конструкций отчасти могут быть следствием присутствия сурьмы в твердой составляющей сварочного аэрозоля [4], а также, очевидно, ее нахождением в некоторых используемых материалах. Для отдельных из указанных выше заводов характерно повышенное содержание сурьмы в вентиляционной пыли (особенно для завода силовых источников света и электровакуумного стекла). Вторая группа предприятий отличается относительно повышенными (в 3–5 раз выше уровня в фоновых почвах) концентрациями сурьмы в технологической пыли. Здесь наиболее высокие уровни этого элемента закономерно фиксируются (во всех разновидностях пыли) для опытного производства ВНИИ источников света, механического (пыль из производственных помещений) и керамического завода (также пыль из производственных помещений). Третья группа предприятий отличается очень высокими концентрациями сурьмы в вентиляционной пыли (заводы кабельный, консервный и крупнопанельного домостроения). Четвертая группа включает предприятия, в вентиляционной пыли и в пыли из производственных помещений которых, за редким исключением (автотранспортные предприятия и хладокомбинат), уровни сурьмы находятся преимущественно на уровне типичных содержаний в природных почвах.

Таблица 1

Сурьма в технологической (I), вентиляционной (II) пыли и пылесметах (III), мг/кг

Завод, предприятие	I	II	III
Электроламповый (лампы люминесцентные и накаливания)	1500	–	–
Полупроводниковых изделий	1000	–	–
Железобетонных конструкций	300	3	5
Типография	250	–	–
Авторемонтный	100	1	3
Специальных источников света и электровакуумного стекла	27	19	28
Городская котельная (природный газ, мазут)	15	–	–
Инструментальный	5	–	–
Литейный	5	1	3
Автосамосвалов	4	–	3
Тепловозоремонтный	3	4	–
Механический (преимущественно производство велосипедов)	3	1	5
Медицинских препаратов	3	3	3
ВНИИ источников света (опытное производство)	3	5	10
Керамик (камни керамические, кирпич полнотельный)	3	–	5
Резинотехнический	3	–	3
Крупнопанельного домостроения	3	8,5	–
Кабельный	–	200	35
Консервный	–	35	–
Теплоизоляционных материалов	–	1	5
Пивобезалкогольных напитков	–	1	1
Приборостроительный	–	1	2
Автоколонна (обслуживание и ремонт автомашин)	–	–	5
Автотранспортное (обслуживание и ремонт автомашин)	–	–	5
Хладокомбинат	–	–	3,5
Местные фоновые почвы [9]		1	
Осадочные породы Русской плиты [6]		0,75	

Необходимо отметить, что состав промышленной пыли, образующейся на некоторых обследованных предприятиях (наличие в ней преимущественно тонкодисперсных частиц, органических и минеральных сорбентов, частиц доломита, цемента, извести, стекольной шихты, соды, древесной пыли и т. п.) [10], свидетельствует о том, что определенная доля сурьмы может присутствовать в ней в относительно подвижных формах нахождения (например, сорбированных). Например, вещественная матрица вентиляционной пыли завода по производству специальных источников света представлена тонкими доломитовыми частицами; пыль авторемонтного завода – смесью тонких органических и неорганических частиц с присутствием оксидов железа.

Поступление сурьмы в городскую среду в составе пылевых выбросов и последующее осаждение пыли на подстилающую поверхность обуславливают формирование в почвах предприятий (в почвах промышленных зон) интенсивных техногенных геохимических аномалий этого элемента (зон техногенного загрязнения). В частности, выборочные исследования, выполненные в пределах промзон некоторых предприятий, установили высокие концентрации сурьмы в верхнем горизонте почвогрунтов их территорий: тишография – до 320 мг/кг, электроламповый завод – до 50, завод полупроводниковых изделий – до 9, автохозяйства – до 4–4,5, завод специальных источников света и электровакуумного стекла – до 3,5, тепловозоремонтного завода – до 2,5 мг/кг (при фоновых ее уровнях в почвах – 1 мг/кг). Согласно [13], в районе завода по производству сурьмы и ее соединений этот элемент накапливался в почвах преимущественно в прочностязанных, устойчивых соединениях [13]. Тем не менее в другой своей работе эти же авторы показали, что повышенные уровни сурьмы отмечались не только в почвах, но и в растительности, мелких млекопитающих и беспозвоночных [12]. Указанный завод расположен в северо-восточной части Англии и функционирует с 1846 г. Его зона влияния четко прослеживалась до 450 м. В общем случае, согласно имеющимся сведениям, сурьма характеризуется относительно высокой геохимической подвижностью в условиях гипергенеза, что не исключит вероятности ее вхождения в различные миграционные процессы и поступления в грунтовые воды и поверхностные водотоки.

Таким образом, многие виды промышленной пыли (особенно технологическая пыль, в некоторых случаях – вентиляционная) являются источниками поступления сурьмы в городскую среду. Эти выбросы сурьмы существующими системами экологического мониторинга и санитарного контроля не учитываются и, таким образом, не включаются в соответствующие статистические отчетные сведения. Наиболее высокие концентрации сурьмы характерны для пыли тех предприятий, где этот элемент и его соединения используются в технологических процессах или входят в состав применяемых материалов и сырья. В производственных помещениях многих заводов постоянно присутствует Sb-содержащая пыль, что не исключает поступления токсичного элемента в организм рабочих. Определенное количество сурьмы накапливается в уловленной очистными установками пыли, которая в основном вывозится на городскую свалку, что не исключает вероятности рассеивания содержащегося в ней химического элемента в окружающей среде. Пылевые выбросы играют определенную роль в загрязнении городской среды сурьмой, что отражается в ее накоплении в почвах промышленных зон. Исследование содержания сурьмы в промышленной пыли должно стать составной частью санитарно-гигиенического и экологического контроля, осуществляемого на предприятиях соответствующими службами.

Литература

1. *Водяницкий Ю.Н.* Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. – 94 с.
2. Вредные вещества в промышленности. Справочник. В 3-х т. Т. 3. – Л.: Химия, 1977. – 608 с.
3. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп: Справочное издание. – Л.: Химия, 1989. – 592 с.
4. *Гришагин В.М., Еремин Л.П., Деменкова Л.Г.* Процессы образования и состав твердой фазы сварочного аэрозоля как наиболее вредного фактора при сварке горно-шахтного оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2010, № S3, с. 412–422.
5. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Сурьмяные руды. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р. – М., 2007. – 34 с.
6. *Ронов А.Б., Мигдисов А.А.* Распространенность пород, минералов и химических элементов в осадочном чехле Русской плиты и ее изменение во времени // Основные направления геохимии. – М.: Наука, 1995, с. 150–172.
7. Химическая энциклопедия: В 5 т. Т. 4. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1995. – 639 с.
8. *Швайкова М.Д.* Токсикологическая химия. – М.: Медицина, 1975. – 376 с.
9. *Янин Е.П.* Электротехническая промышленность и окружающая среда (эколого-геохимические аспекты). – М.: Диалог-МГУ, 1998.
10. *Янин Е.П.* Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка). – М.: ИМГРЭ, 2003. – 82 с.
11. *Янин Е.П.* Промышленная пыль (разновидности, источники, химический состав) // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2004, № 6, с. 2–107.
12. *Ainsworth N., Cooke J.A., Johnson M.S.* Distribution of antimony in contaminated grassland vegetation and soils. 2. Small mammals and invertebrates // Environ. Pollut., 1990, 65, № 1, p. 79–87.
13. *Ainsworth N., Cooke J.A., Johnson M.S.* Biological significance of antimony in contaminated grassland // Water, Air, and Soil Pollution, 1991, v. 57–58, p. 193–199.
14. *Wang C.Y.* Antimony – Its geology, metallurgy, industrial uses, and economics. – London, Chas. Griffin and Co., 1952. – 170 p.: