

УДК 502.3 (1/9)

Р. А. АЛЫБАЕВА, Г. Д. БЕРКИНБАЕВ, Г. В. ФЕДОРОВ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СНЕГОВОМ ПОКРОВЕ

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, ТОО «Экосервис С»)

Исследование содержания тяжелых металлов в твердом остатке снегового покрова г. Усть-Каменогорска, показало, что площадное распределение суммарных концентраций загрязнителей имеет концентрически-зональную структуру: по мере удаления от промплощадки АО “Казцинк” сокращается спектр элементов и падают их относительные концентрации. Выявлено существенное снижение поступления тяжелых металлов в атмосферу города. Прослеживается четкая тенденция к снижению нагрузок ведущих компонентов перерабатываемого сырья (концентратов полиметаллических руд) – Pb, Zn, Cu, Cd, Ag, Sb, As в твердом остатке снегового покрова.

Среди специфических загрязняющих веществ в воздушном бассейне городов важное место занимают тяжелые металлы, большинство которых относится к первому и второму классам опасности. Известно, что снеговой покров, обладающий высокой сорбционной способностью, представляется наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения атмосферы (1). Геохимическими и гигиеническими исследованиями установлены количественные связи между содержанием металлов в атмосферном воздухе и выпадением их на территории городов и зоны действия индустриальных объектов, что фиксируется в виде аномалий в почве и снежном покрове – природных средах, депонирующих загрязнения и легко доступных для изучения (2, 3, 4, 5). Это дает возможность по результатам изучения почв и снежного покрова проводить ориентировочную гигиеническую оценку загрязнения воздушного бассейна. При этом, исследование снежного покрова представляется наиболее информативным объектом при выявлении техногенного загрязнения атмосферы (6, 7).

Объекты и методы исследования. Отбор и обработка снега проводилась в 2005 г. согласно стандартным методическим рекомендациям. Пробы отбирают из шурфов, вскрывших снеговой покров на полную мощность. Отбирается 7-10 кг снега в целлофановые мешки. Затем пробы растапливаются и центрифицируются (либо фильтруются) для выделения твердой фракции выпадений. После высушивания осадок взвеши-

вается, растирается до состояния пудры. Определение элементов в твердом остатке проводилось полуколичественным спектральным анализом, который основан на возбуждении атомов в плазме дуги с последующей регистрацией спектра на фотопластинку. Спектрометр ДФС-18, экспозиция 30 сек, сила тока 20 А.

Методика обработки данных снегового опробования следующая (8). Определяется среднесуточная пылевая нагрузка по формуле:

$$P_n = \frac{P_o}{S \cdot t}$$

где P_o – масса пыли в пробе; S – суммарная площадь опробования; T – время от начала снегосостава.

Затем вычисляется показатель накопления Π_n – показатель накопления, индикатор интенсивности техногенного прессинга на главную депонирующую природную среду – почвы за счет выпадений из атмосферы по формуле:

$$\Pi_n = \frac{C}{C_{\phi(\text{почв})}}$$

где C – содержание элемента в твердом остатке снеговых проб (%); C_{ϕ} – фоновое содержание того же элемента в почве (региональный кларк) ($\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{сут}$).

Затем составляется геохимическая ассоциация сонахождения тяжелых металлов в твердом остатке снеговых проб. В геохимическом ряду занимают место лишь те элементы, Π_n для которых более 1,5, т.е. компоненты, оказывающие

трансгрессивное негативное воздействие на окружающую среду.

Для элементов, вошедших в формулу сонахождения, рассчитывается $P_{\text{общ}}$ – общая нагрузка (метальная) ($\text{г} \cdot \text{км}^2/\text{сут}$), создаваемая, поступлением химического элемента в окружающую среду, по формуле

$$P_{\text{общ}} = C \cdot P_n$$

На последнем этапе обработки для каждой пробы рассчитываются значения Z_p – суммарного показателя нагрузки, аналогичного по смысловому значению таковому параметру для почв, по формуле

$$Z_p = \sum_1^n P_n - (n-1)$$

Результаты и обсуждение. Как уже указывалось выше, для оценки качественного состава и количественных соотношений тяжелых металлов в твердом остатке сугробых проб использован интегральный показатель Z_p – суммарный показатель нагрузки, аналогичный по смысловому значению таковому параметру для почв. Просчитанные значения Z_p для территории города отличаются большой контрастностью и колеблются от 40 (КШТ) до 1631 (район Зырянбазы) превышений над единичным почвенным фоном. Для анализа результатов была выбрана шкала градаций, рекомендуемая Методическими рекомендациями...» (8): 32-64; 64-128; 128-256 и более 256. Последний очень высокий уровень загрязнения с целью более четкой идентификации источника загрязнения разбит на два интервала: 256-700 и более 700 превышений над фоном. Согласно принятой градации на территории города выделяется 5 зон с различной интенсивностью загрязнения сугробых покровов (табл.1).

Проведенные исследования показали, что площадное распределение суммарных концентраций ТМ в твердом остатке сугробых проб имеет концентрически-зональную структуру: по мере удаления от промплощадки АО «Казцинк» сокращается спектр элементов и падают относительные концентрации ТМ.

1-я зона – Z_p , более 700 превышений над фоновым уровнем – зона очень высокого загрязнения сугробых покровов, охватывает промплощадки АО «Казцинк», АО «УМЗ», Усть-Каменогорской ТЭЦ и прилегающие к ним массивы преимущественно индивидуальной жилой застройки. Ассоциация сонахождения трансгрессивных элементов включает 15 токсикантов, из которых приоритетными являются Sb, Bi, Pb, Ag, Cd, Zn, Cu, As. В относительно невысоких концентрациях (Пн от 2 до 7 превышений над почвенным фоном) выявлены Sn, Ba, P, Cr, Co, Mn.

Вторая зона – $Z_p = 256-700$ превышений над фоном – обрамляет территорию первой зоны. По сравнению с первой зоной спектр токсикантов и их приоритетность практически не изменились, однако снизились их относительные концентрации концентрации: Z_p сред. составляет 532 превышения над единичным фоновым уровнем против 1240 в 1-ой зоне. В целом зона очень высокого загрязнения сугробых покровов ($Z_p > 256$) охватывает практически весь жилой массив правобережья Ульбы и междуречья Ульбы и Иртыша.

Основным источником поступления тяжелых металлов полиметаллической группы в окружающую среду является Усть-Каменогорский металлургический комбинат АО «Казцинк», повышенные концентрации Sn в твердом остатке сугробых проб обусловлены, вероятно, деятельностью ОАО «Ульбинский металлургический завод».

Таблица 1. Ассоциация сонахождения трансгрессивных тяжелых металлов в твердом остатке сугробых проб в зонах различных уровней загрязнения

№ зон	Значения Z_p	Средние значения Z_p	Уровень загрязнения	Относительная доля, Pb%	Ассоциация сонахождения тяжелых металлов	Кол-во аномальных компонентов
1-2	>256	906	очень высокий	12,4	$\text{Sb}_{313}\text{Bi}_{256}\text{Pb}_{112}\text{Ag}_{92}\text{Cd}_{44}\text{Zn}_{34}$ $\text{As}_{34}\text{Cu}_{16}\text{Sn}_5\text{Ba}_4\text{P}_3\text{Mn}_2\text{Cr}_2\text{Co}_2$ $\text{Pb}_{67}\text{Ag}_{58}\text{Bi}_{49}\text{Zn}_8\text{As}_6\text{Cd}_6$ $\text{Sb}_6\text{Cr}_4\text{Ba}_4\text{Cu}_3\text{Sn}_3\text{Co}_2\text{P}_2\text{V}_2$	14
3	128-256	206	высокий	32,7	$\text{Pb}_{30}\text{Ag}_{26}\text{Bi}_{22}\text{Zn}_5\text{Sb}_4\text{P}_4\text{Cu}_3\text{Ba}_4$ Cr_3Sn_2	14
4	64-128	93	средний	31,8	$\text{Pb}_{17}\text{Ag}_{14}\text{Bi}_6\text{P}_5\text{Zn}_4\text{Ba}_3\text{Sn}_2\text{Cu}_2$	10
5	32-64	46	низкий	36,3		8

аномальными концентрациями Mn и Ni отмечаются особенности технологии Усть-Каменогорского "Машзавода".

3-я зона загрязнения снегового покрова высокого уровня – $Z_p = 128-256$ превышений над фоном охватывает по периферии зону очень высокого загрязнения. Спектр загрязняющих компонентов практически не отличается от такового зоны очень высокого загрязнения, но интенсивность в оценке по Z_p снижается в 4,7 раза. В третьей зоне теряют свою лидирующую роль Sb и Bi, их место в левой части ассоциативного ряда занимают Pb и Ag. Переходит в фоновые компоненты Mn. Z_p среднее по зоне составляет 206 превышений над единичным фоновым уровнем.

4-я зона загрязнения снегового покрова среднего уровня $Z_p=64-128$ превышений над фоном – фрагментарно окаймляет аномальное поле в юго-западной и северо-восточной частях областного центра. В этой зоне несмотря на достаточно широкий спектр аномальных ингредиентов, общая нагрузка снижается в 2,2 раза по сравнению с 3-й зоной; выпадают из ассоциации и переходят в фоновые такие высокотоксичные компоненты, как As, Cd. Z_p среднее по зоне составляет 93 превышения над единичным фоном.

5-я зона загрязнения снегового покрова низкого уровня $Z_p=32-64$ превышения над фоном – характерна для левобережной части города в районе КШТ. Ассоциация сонахождения включает 9 поллютантов, однако наиболее высокие концентрации ($\Pi_n=14-17$) характерны для Pb, Ag относительные содержания остальных компонентов колеблются в пределах 2-6 превышений над фоном.

За прошедшие 15 лет ситуация в левобережной части областного центра практически не изменилась. Здесь как и ранее, наблюдается наиболее низкие концентрации ТМ в пылевых выпа-

дениях из атмосферы: в 20 раз по сравнению с 1-й зоной. Из токсикантов 1 класса опасности в ассоциации сонахождения в заметных количествах присутствуют лишь Pb, аэрозоли которого отличаются, по-видимому, повышенными транспортными возможностями. Река Иртыш не утратила функций мощного аэрогидротермодинамического барьера, препятствующего поступлению загрязняющих веществ Северного промузла в левобережную часть долины.

Определение металлических нагрузок показало, что в морфологическом плане распределение металлических нагрузок на изученной территории для показанных ТМ практически идентично, т.е. подчиняется розе ветров, имеет концентрически – зональное строение, постепенное снижение нагрузок от центральных частей к периферии. В исследованиях (9, 10) также показано наличие связи между режимами снегопадов и ветровыми параметрами. Наиболее интенсивное загрязнение локализовано на правобережье Иртыша и обусловлено деятельностью предприятий Северного промузла. Наименьшие нагрузки характерны для левобережной части города, что связано с отсутствием здесь крупных промышленных объектов и барьерными функциями Иртыша. Сравнительные данные по среднесуточным выпадениям ТМ из атмосферы по результатам 1990-1992 гг. и 2005 г. приведены в таблице 2.

Прослеживается четкая тенденция к снижению нагрузок (а следовательно и выбросов) ведущих компонентов перерабатываемого сырья (концентратов полиметаллических руд) – Pb, Zn, Cu и парагенетически связанных с ними спутников – Cd, Ag в одном порядке – от 4 до 6,4 раза, Sb и As – в два раза. По результатам производственного мониторинга было выявлено снижение выбросов твердых загрязнителей по АО "Казцинк" в 2004 г. в сравнении с 2003 г. Это про-

Таблица 2. Сравнительная оценка среднесуточных выпадений из атмосферы пыли и приоритетных тяжелых металлов на территорию г. Усть-Каменогорска

Период	Элементы								
	пыль кг×км ² сут	Pb кг×км ² сут	Sb кг×км ² сут	Bi кг×км ² сут	Ag кг×км ² сут	Cd кг×км ² сут	Zn кг×км ² сут	As кг×км ² сут	Cu кг×км ² сут
1990-1992	-	395	7,7	0,3	0,8	4,5	573	9	132
2005	69,89	77,73	4,235	2,187	0,20	0,70	118,2	4,66	28,06
Снижение, раз	-	5,1	1,8	0,1	4	6,4	4,8	2	4,7

изошло за счет выхода из его состава литейно-механического цеха и выполнения запланированных мероприятий. По отношению к 1997 г. более, чем в 3 раза снижены выбросы твердых веществ, в 2,7 – выбросы свинца. Результаты нашего исследования снегового покрова подтвердили этот факт. Воздухоохранная деятельность АО “Казцинк” одного из основных предприятий-загрязнителей воздушного бассейна областного центра, принесла свои первые плоды.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

-площадное распределение суммарных концентраций ТМ в твердом остатке снеговых проб имеет концентрически-зональную структуру: по мере удаления от промплощадки АО “Казцинк” сокращается спектр элементов и падают относительные концентрации ТМ;

-в зонах наиболее сильного загрязнения приоритетными поллютантами являются Sb, Bi, Pb, Ag, Cd, Zn, Cu, As;

-в зонах среднего и низкого загрязнения приоритетными поллютантами являются Pb и Ag;

-прослеживается четкая тенденция к снижению нагрузок ведущих компонентов перерабатываемого сырья (концентратов полиметаллических руд) – Pb, Zn, Cu, Cd, Ag, Sb, As.

ЛИТЕРАТУРА

- Панин М.С., Артамонова Е.Н., Медведев П.П. Тяжелые металлы в снеговом покрове территории угольного месторождения “Каражыра” // Доклады II Междунауч.-прак. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде», т. 1, Семипалатинск, 2002. С.53-59.

- Панин М.С., Гельдымамедова Э.А., Ажаев Г.С. Эколо-геохимическая характеристика атмосферных осадков г. Павлодара // Доклады II Междунауч.-прак. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде», т. 1, Семипалатинск, 2002, с.142-154.

- Schwikowski M., Doring T., Gaggeler H.W., Shotterer U., Tobler L., De Velde KV, Ferrari C., Cjzzi G., Turetta A., Rostan K., Bolchov M., Capodaglio G., Cescon P., Boutron C. / Environ. Sci. And Technol. 2004, V. 38, № 15, P. 4085-4090.

- Reinosdotter K., Wiklander M. A comparison of snow quality in two Swedish municipalities – Lulea and Sundsvall // Water, Air, and Soil Pollut. 2005, V.167, № 1-4, p.3-16.

5. Матушкина О.А., Белозерцева И.А. Снег как индикатор загрязнения атмосферы Байкальской природной территории // Закон Российской Федерации «Об охране озера Байкал» к фактор устойчивого развития Байкальского региона: Материалы Международной научной конференции, Иркутск, 16-19 сент., 2003. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2003, с.158-160.

6. Мошкина М.А., Толкачева А.Н., Спругин И.А. Оценка химического состава снежного покрова г. Томска // Проблемы геологии и освоения недр: Труды 5 Междунауч. симп. Имени академика М.А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященного 100-летию горно-геологического образования в Сибири, Томск, 9-13 апр., 2001. Томск: СТТ, 2001, с.536-538.

7. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М.: ИМГРЭ, 1990, С.103.

8. Дробный О.Ф., Черчинцев В.Д., Коробова А.Н., Сафонова Ю.А., Шавернева Е.Г., Коробова Н.Л. Экологическая оценка щелочности снега г. Магнитогорска // Инж.эколог., 2002, № 6, с. 33-40.

9. Нуьман А.А., Уткин В.И., Коптева Р.А. Аэрогенное загрязнение в зоне влияния Среднеуральского медеплавильного завода // Перспективы развития естественных наук в высшей школе: Труды междунауч. конф., Пермь, 2001, Т. 3, Экология. Предпринимательство в научной сфере. Пермь: Изд-во Перм.гос. ун-та. 2001, с.191-195.

Резюме

Өскемен қаласының қар жамылғысының қатты қалдығындағы ауыр металдар мөлшері зерттелді. Ластауыш заттардың суммарлық концентрацияларының аудандық таралуы зоналдық-концентрлік құрылымға ие: «Каз-Цинк» АҚ өнеркәсіптік аландарынан қашықтаған сайдын элементтердің спектрі қысқарып, олардың салыстырмалы концентрациялары төмендейді. Қаланың атмосферасына ауыр металдардың шығымы едөүір қысқарғаны анықталды. Қар жамылғысына Pb, Zn, Cu, Ag, Sb, As шикізаттың жетекші компоненттерінің жүктеуінің төмендеу тенденциясы байқалды.

Summary

Research of the maintenance of heavy metals in the firm rest of a snow cover, has shown, that areal distribution of total concentration of polluters has concentric-zonal structure. In process of moving further from industrial area of joint-stock company “Kazcink” the spectrum of elements is reducing and their relative concentration is falling. The essential decrease in receipt of heavy metals in an atmosphere of city was revealed. The precise tendency of decrease in loadings of leading components of processed raw material (of concentrates of polymetallic ores) – Pb, Zn, Cu, Ag, Sb, As in a snow cover is traced.