

8. Богдановская Г.К. Метеорологические факторы и частота возникновения острых сердечно-сосудистых расстройств // Проблемы атеросклероза, гипертонии, инфаркта миокарда, ревматизма: матер. конф., 27-29 июля. 1985. – С. 146-147.
9. Медико-метеорологический метод оценки погоды / Г. А. Ушверидзе // Труды международного симпозиума ВМО/ВОЗ/ЮНЕП. – Л: Гидрометеоиздат, 1988. – Т.2. – С. 34-39.
10. Богдановская Г.К. Метеорологические факторы и частота возникновения острых сердечно-сосудистых расстройств // Проблемы атеросклероза, гипертонии, инфаркта миокарда, ревматизма: матер. конф., 27-29 июля. 1985. – С. 146-147.
11. Медицинская климатология и климатотерапия / В. Г. Бокша, Б. В. Богуцкий. – Киев, 1980. – 265 с.
12. Русанов В. И. Оценка метеорологических условий, определяющих дыхание человека // Бюл. Сибир. Отд. АМН СССР. – 1989. – №2. – С. 41-47.
13. Исаев А. А. Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2003. – 470 с.
14. Оценка комфортности климата городов Беларуси / А. Н. Витченко, И. А. Телеш // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – № 8. – С. 28-37.
15. Современные тенденции изменения комфортности климата в городе Минске / А. Н. Витченко, И. А. Телеш // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2017. – № 2. – С. 103-113.

## **ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ АГЛОМЕРАЦИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

***Ю. Ю. Войтюк, И. В. Кураева, Е. П. Локтионова***

*Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
им. Н.П. Семеновко НАН Украины, г. Киев  
voitiuk\_yulia@ukr.net*

Исследование выбросов тяжелых металлов в атмосферу в результате работы предприятий черной металлургии и их распределения в биокосных системах стало актуальным в условиях нарастания геоэкологических проблем рационального природопользования.

Украина - страна развитой черной металлургии, главную роль в становлении которой сыграло наличие на ее территории уникальной сырьевой базы железных руд. На территории Украины находится самый большой в мире Криворожский железорудный бассейн, Кременчугский и Белозерский железорудные районы. Криворожский железорудный бассейн - главный горнодобывающий центр Украины, расположен на территории Днепропетровской области. Он представляет собой полосу железистых пород шириной от 2 до 7 км, протянувшихся с юга на север более чем на 100 км. Бассейн находится в пределах Украинского щита, в Криворожско-Кременчугской структурно-металлогенической зоне, для которой характерно развитие таких формаций: джеспилитовой, кремнисто-сланцевой, кремнисто-карбонатно-песчаниковой и др. [1].

Джеспилиты – тонкослоистые кварцево-магнетитовые или кварцево-гематитовые породы, в которых слои кварца переслаиваются с прослойками гематита или магнетита. Авторами установлено валовое содержание тяжелых металлов в Криворожских джеспилитах. В их составе преобладают такие тяжелые металлы: марганец (100-300 мг/кг), цинк (80-100 мг/кг), медь (20-30 мг/кг), олово (4-6 мг/кг). Никель, кобальт, ванадий, хром и молибден в образцах содержатся в незначительных количествах.

Металлургический цикл производства металлической продукции начинается с производства агломерата. Процесс агломерации включает: дробление и просеивание руды; смешивание руды, кокса и других примесей (флюса), спекание (агломерацию)

приготовленной смеси; измельчение и просеивания агломерата. Агломерационное производство представлено на всех металлургических комбинатах Украины. Оно является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха в черной металлургии, хотя оценки его процентного вклада в общие выбросы разные. По данным В. Н. Шаприцкого [2], на долю агломерационных фабрик приходится около 40% пыли, выбрасываемой в атмосферу комбинатами черной металлургии. Согласно А. И. Толочко [3], выбросы пыли от агломерационного производства составляют около 17%.

Агломерационная шихта состоит из следующих компонентов: 40-50% железорудных материалов (руда, концентрат, колошниковая пыль), 15-20% известняка, 20-30% возврата, 4-6% топлива. Источниками поступления тяжелых металлов являются как природные материалы (руды, концентрат), так и отходы производства (колошниковая пыль, возврат агломерата).

Обобщенные данные о содержании тяжелых металлов в сырьевых материалах отсутствуют. Указывается, например, что в рудах, которые используются на агломерационных фабриках Череповецкого металлургического завода и Нижнетагильского металлургического комбината, повышенное содержание цинка: в Ковдорском концентрате содержание ZnO составляет 1000 мг/кг. При инвентаризации выбросов содержание в них тяжелых металлов не оценивается. На Новолипецком металлургическом комбинате на тонну производимого агломерата выбрасывается в атмосферу 1,97 кг пыли, что является самым низким показателем для отрасли. Однако, здесь не учитываются площадные источники выпадений пыли (открытые хранилища руды, уловленной пыли, шламовых отвалов). По оценкам специалистов завода, неорганизованные источники в среднем могут составлять 30-40% от основных выбросов. Согласно данным лаборатории Новолипецкого металлургического комбината, содержание свинца в составе пыли подготовительных отделений агломерационной фабрики составляет 110 мг/кг; в пыли, отобранной после батарейных циклонов вакуумных камер зоны спекания, содержание свинца составляет 1150 мг/кг, цинка – 23 мг/кг. Результаты экспериментальных исследований пыли, отобранной из вакуумной камеры, представлены С. В. Какарекой. Так, в весовой пробе пыли 337 мг/кг свинца, 40 мг/кг меди, 23 мг/кг цинка, 15 мг/кг никеля, 2 мг/кг кадмия [4].

Отдельно следует остановиться на коксохимическом производстве. Процесс производства кокса включает несколько стадий: обработку и хранение угля, загрузки угля в печь, тушение кокса и очистку коксового газа. На долю данного производства, по разным данным, приходится от 4,6 [3] до 6,0% [2] от общих выбросов пыли металлургического комбината с полным металлургическим циклом.

Для коксования используют смесь угля, который берется в определенном соотношении. В основном используются коксовый, пароводяной, спекающийся и газовый уголь. Качество кокса в значительной степени определяется качеством угля: чем больше в угле золы, серы, фосфора и тяжелых металлов, тем больше их в коксе. В монографии «Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: опыт оценки удельных показателей» С. В. Какарека [4] с соавторами отмечают, что данные о содержании тяжелых металлов в выбросах пыли от коксохимического производства отсутствуют. Авторами монографии было проведено опробование коксовой пыли на Днепропетровском химическом заводе. Количество в выбросах цинка – 327 мг/кг, свинца – 126 мг/кг, меди – 92 мг/кг, никеля – 45 мг/кг, кадмия – 2,4 мг/кг.

Значительный вклад в загрязнение окружающей среды вносят выбросы доменного производства. В качестве сырья в доменном производстве используют агломерат, флюсы, кокс, окатыши. Нами определено содержание тяжелых металлов в окатышах. Для окатышей характерна такая геохимическая ассоциация тяжелых металлов: марга-

нец (50-100 мг/кг), цинк (30-50 мг/кг), свинец (10 мг/кг), медь (10 мг/кг), олово (3-5 мг/кг), никель (2-3 мг/кг). Кобальта, ванадия, хрома и молибдена в образцах не обнаружено. Основной продукт доменного производства – чугун, содержание в котором некоторых тяжелых металлов (никеля, меди) регламентируется техническими условиями. В странах СНГ оценка выбросов тяжелых металлов от доменного производства не ведется [4].

Вклад доменного производства в общие выбросы пыли оценивается по-разному. По В. Н. Шаприцкому [2] он составляет 18,7%. Основным источником поступления тяжелых металлов в технологический процесс является агломерат и кокс. Согласно данным С.В. Какареки [4] в доменной пыли Новолипецкого металлургического комбината содержатся относительно небольшие концентрации тяжелых металлов, мг/кг: Cd – 0,597; Pb – 185; Zn – 87; Ni – 6,546; Cu – 14.

На территории промышленных агломераций черной металлургии техногенное поступления тяжелых металлов в основном происходит в составе аэрального потока (с пылевыми выпадениями металлургических комбинатов). Поэтому особый интерес представляет исследование пылевых выпадений. Данные о содержании тяжелых металлов в образцах пыли, отобранных в городах Мариуполь, Алчевск, Днепродзержинск представлены в таблице.

Среднее содержание свинца в пылевых выпадениях г. Мариуполь превышает фоновые значения в 27 раз, цинка в 11, никеля в 6, меди в 5. В г. Алчевск наблюдается превышение фонового содержания свинца в пылевых выпадениях в 20 раз, цинка в 7, никеля в 6, меди в 5. Для г. Днепродзержинск среднее содержание никеля в пылевых выпадениях превышает фоновые значения в 4 раза, свинца и цинка в 3, меди в 2.

Таблица

**Валовое содержание тяжелых металлов в пылевых выпадениях на территории санитарно-защитных зон предприятий черной металлургии, мг/кг**

Элемент	г. Мариуполь (n = 29)	г. Алчевск (n = 19)	г. Днепродзержинск (n = 20)	Фоновые значения (по Ю.Е. Сагуну [5])
Mn	<u>2000-10000</u> 4300	<u>2000-4000</u> 2625	<u>600-4000</u> 1926	–
Ni	<u>20-100</u> 60	<u>30-100</u> 58	<u>5-200</u> 35	10
Co	<u>2-5</u> 4	<u>4-6</u> 5	<u>2-52</u> 7	–
V	<u>100-400</u> 210	<u>60-200</u> 110	<u>10-100</u> 57	–
Cr	<u>200-2000</u> 600	<u>100-1000</u> 225	<u>5-2000</u> 238	–
Mo	<u>2-6</u> 4	<u>2-5</u> 3	<u>1-3</u> 2	–
Cu	<u>50-1000</u> 286	<u>40-1000</u> 145	<u>30-1000</u> 125	60
Pb	<u>40-2000</u> 1088	<u>60-2000</u> 815	<u>20-400</u> 136	40
Zn	<u>300-10000</u> 5825	<u>500-10000</u> 4025	<u>400-10000</u> 1684	550
Sn	<u>3-40</u> 26	<u>8-20</u> 17	<u>5-20</u> 9	–

Над чертой приведены предельные значения, под чертой - среднее арифметическое, n - количество проб, «–» - нет данных.

Таким образом, использование природных ресурсов для работы предприятий черной металлургии привело к изменению распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Основные трудности изучения влияния предприятий черной металлургии на депонирующие геохимические среды связаны с тем, что при определении химического состава руды и угля в целом внимание уделяется основным компонентам, определяющим рентабельность их использования. Доля тяжелых металлов в компонентах цикла интересуют лишь узкий круг специалистов, занимающихся вопросами геоэкологии.

***Библиографические ссылки***

1. Геологія і корисні копалини України: атлас: масштаб 1:5000000 : присвячується 10-річчю Незалежності України / ред. Л. С. Галецький; Нац. акад. наук України, М-во екології та природ. ресурсів України. – К.: "Видавниче та рекламне агентство "Златограф", 2001. – 168 с.
2. Шаприцкий В. Н. Защита атмосферы в металлургии. – М.: Металлургия, 1984. – 216 с.
3. Очистка технологических газов в черной металлургии / А. И. Толочко, О. В. Филиппов, В. И. Филиппов. – М.: Металлургия, 1982. – 280 с.
4. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: опыт оценки удельных показателей / С. В. Какарека [и др.]. – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 1998. – 156 с.
5. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сагит [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 325 с.

**ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ  
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ  
ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ**

***Е. И. Галай***

*Белорусский государственный университет, г.Минск  
gaom@mail.ru*

Межправительственная группа экспертов по изменению климата отмечает вклад парниковых газов в увеличении температуры воздуха. Выбросы шести основных парниковых газов (углекислого газа, метана, закиси азота, фтористой серы, перфторуглеродов и гидрофторуглеродов) в мире возросли за период 1970-2004 гг. на 70%, причем объем углекислого газа увеличился примерно на 80% [2]. За прошедшее столетие глобальная средняя температура воздуха возросла на 0,74°С [2]. По данным ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», за последние 25 лет средняя годовая температура воздуха в среднем по Беларуси повысилась на 1,1°С [1].

Витебская область отличается значительной эмиссией загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников. Количественные характеристики выбросов предприятий – одного из экологических показателей – свидетельствуют о степени существующего давления вредных веществ, поступающих в атмосферу, на окружающую среду. Среди загрязняющих веществ значимы парниковые газы, которые делятся на газы: с прямым парниковым эффектом: углекислый газ (CO<sub>2</sub>), закись азота (N<sub>2</sub>O) и метан (CH<sub>4</sub>); с косвенным парниковым эффектом или прекурсоры озона: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и неметановые углеводороды (НМУ); прекурсоры аэрозолей – диоксид серы (SO<sub>2</sub>) [3]. Отраслями промышленности, генерирующими парниковые газы технологического происхождения, являются: металлургия, машиностроение и металлообработка, нефтехимическая промышленность, промышленность строительных материалов, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, стекольная промышленность [7].