

УДК 504.064.4

В. Н. Макарова

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса  
Владивосток. Россия

## **Влияние отвалов металлургического производства на состояние атмосферного воздуха**

Рост производства непосредственно связан с количеством и опасностью образуемых им отходов. При этом общей тенденцией остается следующая закономерность: чем больше образуется отходов, тем они менее опасны. Однако накопленные за десятилетия отходы до сих пор представляют серьезную опасность не только в локальных масштабах. Одним из показателей опасности элементов, входящих в состав отходов, является их индекс технофильности. В данной работе проводится оценка воздействия шлаковых отвалов металлургического производства на состояние атмосферного воздуха в регионе с учетом технофильности элементов, входящих в состав шлака. Цель данного исследования состоит в оценке воздействия шлаковых отвалов металлургического производства на состояние атмосферного воздуха в регионе с учетом технофильности элементов, входящих в состав шлака. Предметом исследования является воздействие шлаковых отвалов на состояние атмосферного воздуха в регионе с учетом технофильности элементов, входящих в состав шлака. Проведенный анализ показал, что элементы, входящие в состав шлаков металлургического производства (производство ферросплавов), обладают относительно невысоким индексом технофильности. Тем не менее, накопление достаточно большого количества отходов, которые постоянно подвергаются процессам выветривания, может представлять собой угрозу не только в локальных масштабах, особенно за счет образования мельчайших аэрозолей, способных распространяться на десятки-тысячи километров. Проведенный расчет интенсивности пыления свидетельствует о величине около 280 г/с, и это только при статическом хранении отходов. В составе такой пыли содержится значительное количество тяжелых металлов, представляющих значительную угрозу для окружающей среды, а, следовательно, и здоровья населения.

**Ключевые слова и словосочетания:** шлак; окружающая среда; отвалы; металлургическое производство; пыление; тяжелые металлы.

V.N. Makarova

Vladivostok State University of Economics and Service  
Vladivostok, Russia

## The influence to dumps of metallurgical production of on the state of air

The increase of production is directly related to the quantity and danger of the waste generated by it. At the same time, the following trend remains the general trend: "the more waste is generated, the less hazardous it is". However, the waste accumulated over decades still poses a serious danger not only on a local situation. One of the hazard indicators of the elements that make up the waste is their technophilicity index. In this work, we evaluate the impact of slag dumps of metallurgical production on the state of atmospheric air in the region, taking into account the technophilicity of the elements that make up the slag. The aim of this work is to assess the impact of slag dumps of metallurgical production on the state of air in the region, taking into account the technophilicity of the elements included in the slag. The subject of the study is the effect of slag dumps on the state of air in the region, taking into account the technophilicity of the elements included in the slag. The analysis showed that the elements included in the slag of metallurgical production (production of ferroalloys) have a relatively low technophilicity index, but the accumulation of a sufficiently large amount of waste that is permanently exposed to weathering processes can be a threat not only at local scales, especially due to the formation of the smallest aerosols, which can spread over tens to thousands of kilometers. The calculation of the dusting intensity indicates a value of about 280 g / s, and this is only with the static storage of waste. The composition of such dust contains a significant amount of heavy metals, which pose a significant threat to the environment, and, consequently, the health of the population.

**Keywords:** slag, environment, dumps, metallurgical production, dusting, heavy metals.

**Введение.** Вследствие индустриализации СССР спустя десятилетия в наследство каждая республика получила не только развитую промышленность, но и скопление значительного количества отходов производств на своей территории. В период индустриализации не уделялось достаточное внимание внедрению мер по защите окружающей среды, созданию противочистотных барьеров при размещении шлаковых отвалов, отсутствовали жесткие ограничения по отдаленности предприятий от жилой застройки.

Никопольский завод ферросплавов, введенный в эксплуатацию в 1966 г., является одним из крупнейших металлургических предприятий по производству ферросплавов на территории СНГ.

Цель данной работы состоит в оценке воздействия шлаковых отвалов металлургического производства на состояние атмосферного воздуха в регионе с учетом технофильности элементов, входящих в состав шлака.

Объектом работы являются шлаковые отвалы металлургического производства Публичного акционерного общества «Никопольский завод ферросплавов» (ПАО «НЗФ»), г. Никополь, Украина.

**Предмет исследования** – воздействие шлаковых отвалов на состояние атмосферного воздуха в регионе с учетом технофильности элементов, входящих в состав шлака.

В работе применяются стандартные методы исследования в соответствии с действующими нормативными документами.

Научная новизна исследования – анализ уровня технофильности элементов, входящих в состав шлаков ферросплавного производства, и интенсивности поступления тяжелых металлов в окружающую среду.

Металлургическое производство относится к сфере со значительным образованием в производственном процессе отходов. На территории Украины накоплено более 30 млрд т промышленных отходов, данная величина относится к наиболее высоким показателям в мире.

Анализ научно-технической информации показал, что более 30% количества промышленных отходов Украины (12 млрд т) хранится на территории Днепропетровской области – техногенные отходы различных отраслей промышленности [1].

В связи с ростом количества отходов происходит увеличение числа мест складирования их на поверхности земли, что способствует возрастанию миграции загрязняющих веществ в природной среде: поверхность почвы – атмосфера (выветривание, перенос пыли), атмосфера – атмосфера (перенос загрязнителей в атмосфере), атмосфера – поверхность земли (осаждение атмосферных загрязнителей), поверхность почвы – поверхность почвы (проникновение загрязнителей на разные глубины) [2].

Поступление тяжелых металлов в верхний слой литосферы вследствие техногенного рассеивания осуществляется различными путями. Одним из основных источников загрязнения окружающей среды является вторичное загрязнение в результате выноса тяжелых металлов из отвалов металлургических предприятий водными или воздушными потоками [3].

Глобальное накопление тяжелых металлов в биосфере представляет собой значительную угрозу, особенно за счет того, что они поступают в окружающую среду в антропогенно измененном состоянии. Одним из критериев опасности является их индекс технофильности. Данный индекс определяется как отношение годовой добычи металлов к их средним концентрациям в земной коре. В составе марганецсодержащего шлака присутствуют такие элементы, как Mn, Ni, Zn.

Форма присутствия тяжелых металлов в составе шлака ферросплавного производства определена методом атомно-абсорбционной спектроскопии (табл. 1).

Таблица 1

#### Содержание тяжелых металлов в шлаке ферросплавного производства

Форма присутствия	Содержание металла, мг/кг			
	Zn	Ni	Co	Mn
Валовая	60,8	108,5	140,7	3300

*Примечание:* по данным заводской лаборатории.

В таблице 2 представлены индексы технофильности тяжелых металлов, присутствующих в ферросплавном шлаке.

**Индексы технофильности тяжелых металлов**

Металл	Mn	Ni	Zn
Индекс технофильности	1	2	10

Величина индекса технофильности свидетельствует о потенциальной опасности поступления металлов в окружающую среду.

Исходя из величины индексов технофильности элементов, а именно тяжелых металлов, входящих в составе шлака, можно говорить о невысокой технофильности данного вида отходов.

Особое внимание следует уделять оценке отходов промышленного производства, поступающих в окружающую среду и хранящихся в местах с естественными условиями содержания, где отсутствуют противofильтрационные экраны и очень высок риск поступления в окружающую среду техногенно трансформированных форм тяжелых металлов, входящих в состав отходов.

В каждом промышленном районе можно выделить участки с различной степенью деградации техногенных ландшафтов. Территории, на которых расположены отвалы металлургического производства, относятся к участкам со значительной трансформацией природных комплексов – отвальные участки с практически полной деградацией почвенно-растительного покрова, с высокими концентрациями металлов в пыли, техногенных наносах [4].

Поверхность шлакового отвала подвержена влиянию различных факторов, к которым также относится воздействие физических факторов, что делает ее восприимчивой к физическим и химическим процессам. Физическое выветривание – механический процесс, в результате которого происходит вынос ветром мельчайших частиц из породы.

Поверхность шлакового отвала подвергается воздействию физико-химических факторов атмосферы, как следствие происходит интенсивное выветривание мелкодисперсной части отвалов [5].

Процесс сдувания пыли состоит из нескольких этапов. На первом этапе постепенно с увеличением скорости воздушного потока происходят процессы рассеивания, далее при увеличении скорости воздушного потока наблюдается сдувание пыли, увеличивается территория распространения загрязняющих веществ.

Процесс сдувания пыли относится к сложным процессам. Он зависит от многих факторов, среди которых: дисперсный состав пыли и формы пылинок, ее минералогический и химический состав, удельный вес, скорость воздушного потока и т.д.

Основным фактором является скорость воздушного потока, поскольку сдувание пыли происходит лишь в том случае, когда действие аэродинамических сил на пылинку превышает действие всех остальных сил.

Проведен расчет выбросов для отвала шлаков ферросплавного производства, расположенного в 2,6 км севернее поселка Менжинское Днепропетровской области.

Расчет выбросов [6] при переработке (ссыпка, перевалка, перемещение) материала, г/с:

$$A = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot G \cdot 10^6 \cdot B'}{3600}, \quad (1)$$

где  $k_1$  – весовая доля пылевой фракции в материале;

$k_2$  – доля пыли (от всей массы пыли), переходящая в аэрозоль;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий местные метеоусловия;

$k_4$  – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования;

$k_5$  – коэффициент, учитывающий влажность материала;

$k_7$  – коэффициент, учитывающий крупность материала;

$G$  – суммарное количество перерабатываемого материала, т/ч;

$B'$  – коэффициент, учитывающий высоту пересыпки.

Расчетным путём получено количество выбросов при переработке (ссыпка, перевалка, перемещение) материала, равное 0,146 г/с.

Расчет выбросов при статическом хранении материала, г/с:

$$B = k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot q \cdot F, \quad (2)$$

где  $k_3$  – коэффициент, учитывающий местные метеоусловия;

$k_4$  – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования;

$k_5$  – коэффициент, учитывающий влажность материала;

$k_6$  – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного материала и определяемый как  $\frac{F_{\text{факт}}}{F}$ ;

$F_{\text{факт}}$  – фактическая поверхность материала с учетом рельефа его сечения (учитывается только площадь, на которой производятся погрузочно-разгрузочные работы);

$k_7$  – коэффициент, учитывающий крупность материала;

$q$  – унос пыли с одного квадратного метра фактической поверхности;

$F$  – поверхность пыления в плане, м<sup>2</sup>.

За поверхность пыления в плане взята полная поверхность отвала, равная 13,8 га.

Расчет выбросов при статическом хранении материала со шлаковых отвалов Никопольского завода ферросплавов позволил получить данные по интенсивности выноса пыли  $B = 280$  г/с.

**Выводы.** Накопление шлаков на поверхности земли, т.е. в хранилищах открытого типа, приводит к миграции таких элементов, как тяжелые металлы в составе частиц шлаковой пыли и аэрозолей, что чревато распространением загрязнения тяжелыми металлами. Так, по нашим расчётам, от шлакового отвала ПАО «НЗФ» площадью 13,8 га интенсивность выброса пыли составляет около 280 г/с.

На основании изучения технофильности тяжелых металлов, входящих в состав ферросплавных шлаков, можно сделать вывод о невысокой технофильности отходов

данного производства. Данный аспект является положительным, поскольку изначально извлечение и в последующем перемещение различных вторичных продуктов промышленного производства приводит к увеличению загрязнения окружающей среды, так как наиболее опасны техногенно трансформированные формы веществ.

1. Набивач В.М. Основы загальної та хімічної екології: навчальний посібник. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2011. – 244 с.
2. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию: учебное пособие [для хим. и хим.-технолог. спец. вузов]. – Москва: Высшая школа, 1994. – 400 с.
3. Павлов А.Н. Экология: рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. – Москва: Высшая школа, 2005. – 343 с.
4. Башкин В.Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование: учебное пособие. – Москва: Высшая школа, 2007. – 360 с.
5. Введение в химию окружающей среды / Дж. Андруз, П. Бримблекумб, Т. Джикелз, П. Лисс; пер. с англ. А.Г. Заварзиной. – Москва: Мир, 1999. – 271 с.
6. Гаврилова А. С., Чебуркова В. Д., Перестюк Л. Н. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников промышленности строительных материалов. – Новороссийск: Союзстромэкология, 1989. – 27 с.

### Транслитерация

1. Nabivach V.M. Osнови zagal'noї ta himichnoї ekologії: navchal'nij posibnik. – Dnipropetrovs'k: DVNZ UDHTU, 2011. – 244 p.
2. Skurlatov Yu.I., Duka G.G., Miziti A. Vvedenie v ekologicheskuyu himiyu: uchebnoe posobie [dlya him. i him.-tehnolog. spec. vuzov]. – Moskva: Vysshaya shkola, 1994. – 400 p.
3. Pavlov A.N. Ekologiya: racional'noe prirodopol'zovanie i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: uchebnoe posobie. – Moskva: Vysshaya shkola, 2005. – 343 p.
4. Bashkin V.N. Ekologicheskie riski: raschet, upravlenie, strahovanie: uchebnoe posobie. – Moskva: Vysshaya shkola, 2007. – 360 p.
5. Vvedenie v himiyu okruzhayushchej srede / Dzh. Andruz, P. Brimblekumb, T. Dzhi-kelz, P. Liss; per. s angl. A.G. Zavarzinoj. – Moskva: Mir, 1999. – 271 p.
6. Gavrilova A.S., Cheburkova V.D., Perestyuk L.N. Metodicheskoe posobie po raschetu vybrosov ot neorganizovannyh istochnikov promyshlennosti stroitel'nyh materi-alov. – Novorossijsk: Soyuzstromekologiya, 1989. – 27 p.

© В.Н. Макарова, 2020

**Для цитирования:** Макарова В.Н. Влияние отвалов металлургического производства на состояние атмосферного воздуха // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2020. Т. 12, № 1. С. 115–120.

**For citation:** Makarova V.N. The influence to dumps of metallurgical production of on the state of air, *The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University of Economics and Service*, 2020, Vol. 12, № 1, pp. 115–120.

DOI [dx.doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2020-1/115-120](https://dx.doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2020-1/115-120)

Дата поступления: 21.02.2020.