

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

УДК 502.13:669

*Рамазанова Е. Ю.*

*ст. преп.,*

*Черняк О. В.*

*ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», г. Алчевск, ЛНР*

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ФОНА ОТВАЛЬНОГО ДОМЕННОГО ШЛАКА

*Исследован радиационный фон гранулометрических фракций отвального доменного шлака. Установлена зависимость между радиоактивностью различных фракций доменного шлака и сроком его хранения, а также определено влияние изменения годовых температур на радиационный фон шлака.*

**Ключевые слова:** доменный шлак, естественный радионуклид, радиационный фон, вторичные ресурсы.

В современном мире проблемы охраны окружающей среды и экологической безопасности привлекают к себе все больше внимания. Особое беспокойство вызывают многотоннажные отходы крупных промышленных предприятий, среди которых ярким примером является металлургическая промышленность.

К настоящему моменту на территории Российской Федерации в отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд т отходов. Общая площадь занятых отходами земель превышает 2 тыс. кв. км. В России ежегодно образуется свыше 5 млрд т отходов. Из общего количества на черную металлургию приходится 11 % (535 млн т), на цветную металлургию — 15 % (740 млн т), включая добычу, обогащение и переработку руд металлов.

На Украине общая масса накопленных промышленных отходов составляет около 30 млрд т. Отвалы, терриконы, хвостохранилища и шламонакопители занимают площадь 160–180 тыс. га, которая увеличивается со скоростью 3–6 тыс. га/год [1–3].

Подсчитано [4], что из общего количества ежегодно образующихся промышленных отходов к повторному использованию пригодно около 120–150 млн т. В настоящее время используется только около 30 % этого количества.

Минимизация накопления отходов и возвращение их в производство с целью извлечения ценных компонентов и использования их в качестве вторичных ресурсов является одним из основных направлений деятельности предприятия.

Хорошо разработаны технологии переработки отдельных видов промышленных отходов в строительные материалы. Они охватывают около 10–15 % от всего объема отходов [4]. Среди отходов металлургического производства широкое применение находят металлургические шлаки, которые после определения их полезных технических свойств, являются ценным продуктом для использования их в строительстве.

Основной потребитель доменных отходов — цементные заводы. Добавление измельченного шлака в цемент улучшает характеристики строительной смеси. Шлаковую пемзу, переработанную в щебень, используют как наполнитель легких марок бетона. Расплавленный шлак применяют для производства минеральной ваты.

Все строительные материалы проходят контроль на соответствие экологическим нормам. Одним из исследуемых параметров является радиационный фон.

Радиационная активность шлаков зависит от содержания в них естественных радиоактивных изотопов, которые при некоторых условиях эксплуатации строительных изделий могут мигрировать в окружающую среду и отрицательно воздействовать на физиологические функции человека.

Информации по исследованию проблемы радиационного загрязнения окружающей среды металлургическими шлаками очень мало. Изучалась эта проблема только при использовании шлаков для изготовления строительных материалов.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет проводил исследования отвальных доменных шлаков ОАО «Запорожсталь», ПАО «Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича», ОАО Днепровский металлургический комбинат им. Ф. Э. Дзержинского (ОАО ДМК); ПАО Алчевский металлургический комбинат (АМК); отвальных и гранулированных доменных шлаков ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

Сравнение экспериментальных данных  $\gamma$ -спектрометрического исследования и расчета величины модуля основности фракций шлака показывает, что радиоактивность выше при возрастании кислотности минералов фракции [6, 7].

Гамма-спектрометрическим методом определены [9] удельные активности естественных радионуклидов и эффективные удельные активности ( $C_{эф.}$ ) гранулометрических фракций шлаков. В состав исследованных шлаков входят естественные радионуклиды:  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$ . Основной вклад в величину  $C_{эф.}$ , практически во всех случаях вносит радионуклид  $^{226}\text{Ra}$ , затем —  $^{232}\text{Th}$ . Согласно величине  $C_{эф.}$ , шлаки и их отдельные фракции относятся к первому классу радиационной опасности, для которого  $C_{эф.}$  не превышает величины 370 Бк/кг [5]. Подобные материалы могут использоваться в строительстве без ограничения.

Ими рекомендованы к утилизации в производстве портландцементного клинкера при замене части глины без рассеивания на гранулометрические фракции отвальные доменные шлаки «Запорожсталь», ДМК, «АрселорМиттал»; отдельные фракции шлаков: 2,5–5,0 мм ММК, >5,0 мм АМК и >10 мм «АрселорМиттал» [8, 9].

В состав отвального доменного шлака филиала №12 ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС» входит геленит  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ , который имеет большое практическое значение и охватывает составы таких материалов, как клинкер портландского и глиноземистого цементов, различные виды огнеупоров.

Отдельные гранулометрические фракции шлака отличаются по минералогическому составу [9]. Выбор той фракции, которую, в конечном итоге, можно рекомендовать для применения в бетоне как наполнителя и в качестве вяжущего компонента основывается на двух принципах: низкая радиоактивность и достаточно высокая гидравлическая активность. Поэтому цель нашего исследования определить, какая из фракций отвального доменного шлака филиала №12 ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС» имеет самый низкий уровень радиоактивности.

Представительская проба доменного шлака отбиралась в соответствии с нормативными документами [10]. Рассеивание на гранулометрические фракции проводилось с помощью набора сит. Выделены фракции 30–60 мм, 20–30 мм, 10–20 мм, 5–10 мм, 0–2 мм, <0,25 мм.

Выбор методов исследования основывался на том, что радиоактивные свойства фракций твердого вещества зависят от его химического состава, кислотности и морфологических особенностей поверхности, например, степени ее разрыхленности, определяющей сорбцию радионуклидов минеральными частицами. Гамма-излучение материала строительной конструкции, изготовленного с применением доменного шлака, будет обусловлено присутствием в шлаке частиц разных размеров. Однако не все фракции имеют одинаковую удельную активность.

Измерение мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения производилось дозиметром-радиометром бытовым МКС-05 «ТЕРРА», предназначенным для контроля радиационной чистоты мест проживания, транспортных средств, строительных материалов.

Анализ результатов измерений МЭД выделенных фракций показал, что из проб доменного шлака филиала №12 ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС», взятых в апреле 2020 г, фракции <5 мм имеют наиболее низкие уровни радиоактивности. Наивысший уровень имеют фракции от 10 до 30 мм.

В связи с накоплением на шлаковых отвалах количества отходов, в которых присутствуют естественные радионуклиды, возникают вопросы: как изменяется радиоактивность шлака с увеличением срока его хранения? Влияют ли годовые колебания температуры на уровень радиоактивности шлаков?

Влияние срока хранения на уровень радиоактивности определялось сравнением МЭД фракционного состава доменных шлаков, полученных в апреле 2020 года и доменных шлаков такого же состава 2019 года. Результаты замеров показали, что уровень радиационного фона для фракций меньше 20 мм увеличивается на 0,01 мкЗв/час, а для фракций больше 20 мм наоборот уменьшается, причем, самый низкий уровень показывает фракция 20–30 мм. В целом, радиационный фон проб доменного шлака 2019 г не превышает норму.

Годовые колебания температуры в нашем регионе составляют от  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ . Уровень радиации измерялся при  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $+15^{\circ}\text{C}$ ,  $+30^{\circ}\text{C}$ ,  $+45^{\circ}\text{C}$ . Результаты показали, что в пределах одной фракции резкого изменения уровня радиации при изменении температуры не происходит. В шлаках 2020 года исключением является фракция размером 20–30 мм. Резкое увеличение фона происходит при повышении температуры от 0 до  $30^{\circ}\text{C}$ . В пробах 2019 года большой скачок уровня радиации прослеживается от  $-10$  до  $+15^{\circ}\text{C}$  для фракции 10–20 мм.

В среднем радиационный фон доменных шлаков филиала №12 ЗАО «ВНЕШТОРСЕРВИС» составляет 0,12 мкЗв/час.

Согласно нормированию радиационного фона мощность эффективной дозы гамма-излучения на открытой местности составляет 0,1–0,2 мкЗв/час или 10–20 мкР/час. При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, что мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч [5].

Исходя из полученных экспериментальных результатов, можно сделать вывод:

– радиационный фон доменных шлаков филиала №12 ЗАО «ВНЕШТОРСЕРВИС» не превышает норму, что дает возможность для их использования в изготовлении строительных материалов без ограничений;

– для уменьшения радиоактивности строительных материалов, рекомендуется использование фракций шлака с более низким уровнем радиоактивности;

– шлаковые отвалы металлургического комбината не являются источниками радиационного загрязнения окружающей среды.

### Список литературы

1. Парфенюк, А. С. Альтернативное решение проблемы твёрдых отходов в Украине / А. С. Парфенюк, С. И. Антонюк // Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2002. — № 4. — С. 36–41.
2. Промышленные отходы. Проблемы и решения. Технологии и оборудование : учебное пособие / А. М. Касимов, В. Т. Семёнов, А. А. Романовский ; под ред. А. М. Касимова. — Харьков : ХНАМГ, 2007. — 411 с.
3. Кулачкин, Б. И. Проблемы строительной экологии / Б. И. Кулачкин // ОФ и МГ. — 1995. — № 6. — С. 25–28.
4. Утилизация цинксодержащих шламов газоочисток доменного и сталеплавильного производств / А. М. Касимов [и др.] // Сотрудничество для решения проблемы отходов : материалы III Международной конференции. — Х., 2006. — С. 125–126.
5. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97) и основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений. — К., 1998. — 159 с.
6. Ksinergy Group [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [ksinergy.org/technologies/](http://ksinergy.org/technologies/).
7. Хоботова, Э. Б. Утилизация металлургических шлаков в качестве технических материалов [Электронный ресурс] / Э. Б. Хоботова, М. И. Уханёва, И. В. Грайворонская // III Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю : збірник наукових статей. — Вінниця, 2011. — Т. 1. — С. 114–116. — Режим доступа: <http://eco.com.ua/> (07.05.2020).
8. Khobotova, E. Chemical and ecological justification of utilization of blast furnace slags in production of the binders [Электронный ресурс] / Elina Khobotova, Julia Kalmykova. — Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:pmc.v0i7.1181> (07.05.2020).

9. Хоботова, Э. Ю. Сравнительный анализ химико-минералогического состава отвального и гранулированного доменного шлака / Хоботова Э. Б., Калмыкова Ю. С. // Збірник наукових праць ПАТ «УКРНДІ вогнетривів ім. А. С. Бережного», 2012. — № 112. — С. 230–237.

10. Радиационно-гигиеническая оценка строительных материалов, используемых в гражданском строительстве УССР. — К., 1987. — С. 21.

© Рамазанова Е. Ю.

© Черняк О. В.

**Ramazanova E. U., Chernyak O. V. (SEI HPE LPR “DonSTU”, Alchevsk, LPR)**

#### **STUDY OF RADIOACTIVE BACKGROUND OF WASTE BLAST FURNACE SLAG**

*Radiation background of grain-size fractions of dump blast furnace slag was investigated. Relationship between radioactivity of different fractions of blast furnace slag and its storage period is established, as well as influence of change of annual temperatures on radiation background of slag is determined.*

**Keywords:** blast furnace slag, natural radionuclide, radiation background, secondary resources.

УДК 504.064.47:669.046.558.3

**Проценко М. Ю.**

*к.т.н., доц.,*

**Воронько М. И.**

*асс.*

*ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», г. Алчевск, ЛНР*

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ**

*Проанализированы основные физико-химические свойства пыли и шлака от производства ферросилиция и ферросиликомарганца, выполнена оценка вредного воздействия на живой организм человека и даны рекомендации для дальнейшего применения данных отходов при внепечной обработке металла методом дугового глубинного восстановления.*

**Ключевые слова:** экология, отходы, ферросилиций, ферросиликомарганец, пыль, шлак, кремний, марганец, дуговое глубинное восстановление.

На предприятиях по производству ферросплавов основными источниками загрязнения окружающей среды являются рудотермические печи и участки подготовки шихты и дробления сплавов. Основными вредными выбросами в атмосферу при производстве ферросилиция (ФС) и ферросиликомарганца (МнС) являются колошниковые газы (отходящие газы), в состав которых входит мелкодисперсная пыль. Неотъемлемым попутным продуктом при производстве ферросплавов является шлак, который вывозят на шлаковые отвалы, и он также ухудшает экологическую обстановку. Колошниковые газы содержат нетоксичную и токсичную пыль, которая содержит окислы железа, меди, цинка, свинца, хрома, кремния, марганца и т. д. В зависимости от вида выплавляемого сплава и мощности печи суммарное количество пыли, образующейся в результате технологических процессов, может составлять десятки тонн в сутки. При производстве ФС на 1 т выплавляемого кремния образуется от 300 до 900 кг пыли, а при производстве МнС образуется от 200 до 600 кг пыли на 1 т полученного сплава. Данное ферросплавное производство загрязняет атмосферный воздух в радиусе от 2 до 3 км от предприятия мельчайшими частицами SiO<sub>2</sub>, MnO, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, наибольшее содержание которых наблюдается на расстоянии около 500 м от предприятия.