

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫМЫВАНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ  
МЕТАЛЛОВ ИЗ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА,  
ПОЛУЧЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ  
ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В настоящее время при производстве силикатных строительных материалов часто предлагается использовать различные отходы: сталеплавильные шлаки, отходы формовочных смесей, золы ТЭЦ, осадок сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности (скоп), отходы гальванического производства и т.п. [1–3]. При этом основное внимание уделяется определению физико-механических свойств полученных материалов: плотности, прочности при сжатии и изгибе, водопоглощению, морозостойкости и др. В значительно меньшей степени внимание уделяется экологической безопасности материалов, полученных с использованием отходов производства. Между тем отходы часто содержат весьма опасные элементы, попадание которых в окружающую среду может причинить ей существенный вред.

В работе исследовалась экологическая безопасность образцов керамического кирпича, полученного с использованием осадка очистных сооружений гальванического производства (ООСГП).

Сырьевыми компонентами для получения опытных образцов являлись глина месторождения Гайдуковка и ООСГП одного из белорусских предприятий в количестве от 5 до 40 масс.%, элементный состав которого приведён в таблице 1.

**Таблица 1 – Элементный состав ООСГП, масс.%**

C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ni	Fe	Zn
18,13	25,40	0,87	0,92	0,14	3,08	0,13	5,12	3,51	38,2	4,42

Единственным тяжелым металлом, который входит в состав глины, является железо. В состав исследуемого отхода кроме соединений железа также входят соединения таких тяжёлых металлов, как цинк и никель, которые представляют опасность для окружающей среды и здоровья человека. Поэтому при проведении санитарно-гигиенической оценки образцов керамического кирпича, содержащих данный вид отхода, были проведены исследования, направленные на обнаружение и количественное определение соединений цинка, никеля и железа, выделяющихся из них в объекты окружающей среды.

Миграция химических веществ из керамического кирпича в воздух ничтожно мала. Поэтому проводились исследования миграции

химических веществ в водную среду с  $pH=7$  и  $pH=4,8$ . Последняя имитирует кислотные дожди, выпадение которых возможно на территории Республики Беларусь. Исследования проводились в соответствии с методическими указаниями МУ 2.1.674-97 «Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промотходов», утверждёнными Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 08.08.1997. Отбор проб осуществлялся через 1, 3, 7, 10, 20 и 30 суток.

В растворах, полученных при экстрагировании тяжелых металлов из образцов керамического кирпича, полученных без добавления ООСГП, ионы  $Zn(II)$  и  $Ni(II)$  не обнаружены, что связано с их отсутствием в составе используемой глины. Ионы железа в этих растворах присутствуют в небольших количествах (от 0,05 до 0,091 мг/л при  $pH=4,8$  и от 0,02 до 0,054 мг/л при  $pH=7$ ).

Миграция  $Zn(II)$  и  $Fe_{общ.}$  увеличивается с повышением содержания осадка очистных сооружений гальванического производства в образцах, а также при увеличении кислотности раствора экстрагирования. При этом наиболее интенсивно миграция происходит в первые 20 суток, после чего концентрация ионов тяжелых металлов в экстракте меняется незначительно. Это может быть связано с тем, что за первые 20 суток из образцов вымываются подвижные формы металлов, после чего их миграция замедляется. Ионы никеля в экстрактах обнаружены не были.

Концентрация ионов  $Zn(II)$  во всех случаях существенно ниже ПДК в питьевой воде. Содержание железа ( $Fe_{общ.}$ ) значительно превышает ПДК в питьевой воде, что, по-видимому, связано с высоким содержанием железа в отходе – около 40 масс. %.

Вследствие длительного времени эксплуатации керамического кирпича, которое составляет десятки и даже сотни лет, для определения его экологической безопасности необходимо изучение миграции ионов тяжёлых металлов в течение длительного времени. Для эксперимента 25 лет тому назад были изготовлены образцы керамического кирпича с использованием осадка очистных сооружений гальванического производства. Количество отхода, вводимого в керамическую массу, составляло 5 и 10 масс. % по сухому веществу,

Полученные образцы для изучения миграции ионов тяжелых металлов были помещены в кислую среду с  $pH 3,5$  и  $5,5$ . Соотношение твердой и жидкой фаз 1:10. По прошествии 25 лет из растворов отбирали пробы для определения в них концентрации ионов цинка, никеля и железа, входящих в состав осадка очистных сооружений гальвани-

ческого производства. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Из экспериментальных данных следует, что в кислой среде, которая имитирует выпадение кислотных дождей, происходит миграция тяжелых металлов из полученных образцов керамического кирпича. Поэтому керамический кирпич, полученный с использованием осадка очистных сооружений гальванического производства, может быть рекомендован только при строительстве многослойных стен для внутренних слоёв, чтобы исключить воздействие на него агрессивных факторов внешней окружающей среды.

**Таблица 2 – Концентрация ионов тяжелых металлов в растворах после экстрагирования в течение 25 лет**

Содержание отхода, масс. %	рН	Концентрация		
		Zn <sup>2+</sup> , мг/л	Ni <sup>2+</sup> , мг/л	Fe <sub>общ</sub> , мг/л
5	3,5	Н	Н	2,75
5	5,5	8,57	Н	Н
10	3,5	Н	Н	16,25
10	5,5	10,62	Н	Н

*Примечание.* Н – ниже предела обнаружения

Таким образом, для определения экологической безопасности керамических изделий, полученных с использованием отходов производства, рекомендуется производить изучение миграции из них опасных веществ, входящих в состав отходов, в условиях, имитирующих их эксплуатацию. При этом очень важно также изучать временной фактор, учитывая длительный срок эксплуатации керамики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Залыгина, О.С. Переработка земли формовочной горелой / О.С. Залыгина, В.И. Чепрасова, Д.П. Новицкая // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – №3 (2022) – С. 89-101.
2. Зайнуллин, Х.Н. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств / Зайнуллин Х.Н. [и др.]. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 272 с.
3. Zalyhina, V. Paper industry slag for the production of building ceramics / V. Zalyhina, V. Cheprasova, V. Romanovski // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. № 97(11). P. 3091-3099.