

**Использование отходов производства феррованадия в качестве пересыпного материала на полигоне твёрдых бытовых отходов**

© 2013. Я. И. Вайсман, д.м.н., профессор,  
К. Г. Пугин, к.т.н., доцент, Н. И. Фукалова, магистрант,  
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
e-mail: 123zzz@rambler.ru

Приведены данные исследования шлака феррованадиевого производства. На его основе получен материал, соответствующий требованиям, предъявляемым к пересыпному материалу. Внедрение разработанной технологии позволило полностью отказаться от размещения шлака феррованадиевого производства на неподготовленной площадке и заменить первичные природные материалы используемые для пересыпки ТБО на вторичные материалы.

Ferrovandium slag production research results are presented. On the basis of that production they got a special substance that suits the requirements to an overflow material. The technology launch has allowed not to keep ferrovandium slag production wastes in a site non-prepared for that purpose and to replace a primary natural substance used for suction of solid waste with a secondary substance.

Ключевые слова: отходы металлургии, класс опасности, бактерицидные свойства, миграция ванадия, пересыпной материал, твёрдые бытовые отходы

Keywords: metal industry wastes, hazard class, bactericidal properties, migration of vanadium, overflow material, municipal solid waste

**Введение**

На полигонах твёрдых бытовых отходов (ТБО) используют в больших количествах материал для пересыпки отходов, который должен быть инертным по отношению к ТБО, надёжно изолировать ТБО от контакта с насекомыми, препятствовать доступу птиц и грызунов к отходам, быть неудобным для устройства грызунами лазеек и нор, проницаемым для образующихся при разложении отходов газов, препятствовать появлению запахов от разложения отходов, сводить к минимуму проникновение влаги в «рабочее тело» полигона, хорошо уплотняться. Обычно в качестве пересыпного материала на полигонах используют природный материал (почвогрунт), который не вполне соответствует перечисленным выше требованиям. Это определяет актуальность замены природного пересыпного материала на вторичные материалы, которые могут быть получены при переработке отходов производства.

В качестве исходного сырья для получения пересыпного материала были выбраны отходы, образующиеся при производстве феррованадия на одном из металлургических заводов, расположенном в Пермском крае. В настоящее время эти отходы практически не находят широкого применения и складываются

в пойме рек Вильва и Чусовая в виде отвала на неподготовленной площадке. При этом возможно негативное влияние отходов на почву и водные объекты. Для размещения этих отходов выделены значительные земельные участки, а заложенный в них материальный ресурс не используется [1 – 5].

Целью работы являлось изучение возможности применения шлака производства феррованадия в качестве сырья для получения материала, пригодного для пересыпки слоев ТБО на полигоне.

**Материалы исследования**

Проведенные нами исследования (анализ физико-химических свойств, биотестирование) показали, что шлак производства феррованадия относится к IV классу опасности для окружающей природной среды.

Результаты количественного химического анализа шлака и его гранулометрический состав представлены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Установлено, что шлак имеет однородную структуру с преобладающим размером фракций менее 2 мм, тогда как Правилами эксплуатации полигонов ТБО регламентируется, что пересыпной материал должен быть не крупнее 250 мм. Благодаря такой структуре шлак

Таблица 1

Химический состав феррованадиевого шлака (%)

V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P
0,11±0,03	30,4±0,5	54,4±0,7	11,4±0,4	2,7±0,21	0,013±0,004

Таблица 2

Гранулометрический состав феррованадиевого шлака

Размер отверстий сит, мм	2	0,63	0,315	0,14	0,08
Полный остаток на ситах шлака, %	3	32,0	83,0	97,0	99,0

хорошо уплотняется, и, вследствие этого, удобен для устройства грызунами лазеек и нор, препятствует доступу птиц, грызунов и влаги в «рабочее тело» полигона, надёжно изолирует ТБО от контакта с насекомыми.

Преобладающим компонентом в шлаке является оксид кальция, который при реакции с водой переходит в гидроксид (известь), характеризующийся дезинфицирующим, противопаразитарным и дезодорирующим действием. Известно, что известь губительно действует на блох, клопов и их яйца, убивает возбудителей холеры, брюшного тифа и сибирской язвы (вегетативные клетки, но не споры), даже в слабой концентрации. Вместе с тем, в шлаке содержится оксид магния, который обладает антацидным, адсорбирующим и детоксирующим действием. Данные свойства позволили предположить, что шлак может обладать бактериостатическими или бактерицидными свойствами. Для подтверждения этой гипотезы были проведены исследования в аккредитованной лаборатории по методике МУ 2.1.674-97 «Санитарно-гигиеническая оценка строительных материалов с добавлением промотходов» по влиянию шлака на патогенную и условно-патогенную микрофлору. Использовалась бактериальная взвесь *Escherichia coli* (10 единиц), серия разведений от 1:10 до 1:10000, посев на чашки Петри со средой Эндо. Инкубация проводилась при температуре 37 °С в течении 24 час. Рост микроорганизмов отсутствовал. Это свидетельствует о том, что шлак обладает выраженными бактерицидными свойствами по отношению к бактерии *E. coli*, что позволило рекомендовать его как материал для пересыпки ТБО с выраженными бактерицидными свойствами.

Одним из опасных элементов для окружающей среды в составе шлака является оксид ванадия. Его предельно допустимая концентрация (ПДК<sub>х-п</sub>), согласно ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового

водопользования» от 15.06.2003 г, составляет 0,1 мг/л. При попадании в водные объекты в концентрациях, превышающих предельно допустимые, ванадий наносит большой и долгосрочный вред окружающей среде и здоровью населения [6, 7].

Исследования миграции ванадия из шлака производства феррованадия в модельные среды проводились в лаборатории металлургического завода. Для моделирования миграции ванадия, согласно Методическим указаниям МУ 2.1.674-97 «Санитарно-гигиеническая оценка строительных материалов с добавлением промотходов» от 8 августа 1997 г, были использованы две среды: нейтральная – дистиллированная вода и кислая – ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8, характерным для кислотных осадков.

Эксперимент был проведен для трёх временных промежутков: одни, пять и десять суток. Для определения подвижных форм ионов использовались гравиметрические, титриметрические

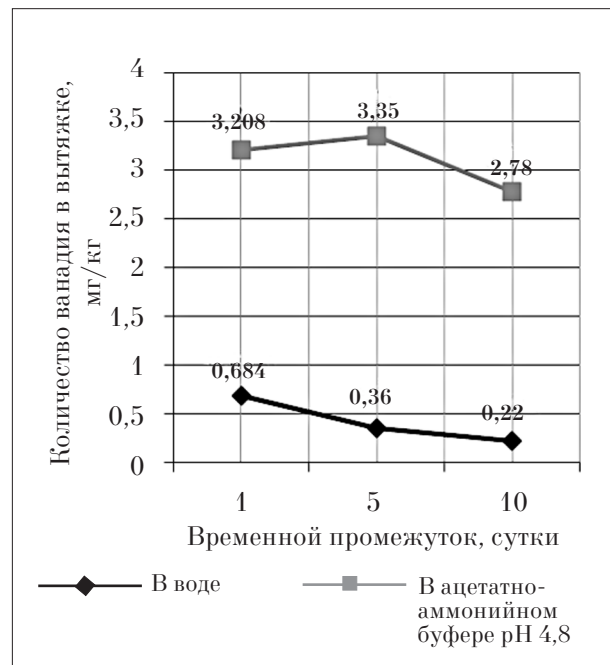


Рис. 1. Количество ванадия в модельных средах в зависимости от времени пребывания

трические и фотометрические методы. Зависимость количества ванадия в вытяжке от времени представлена на рисунке 1.

Установлено, что ванадий мигрирует из шлака и его количество превышает ПДК<sub>х-п</sub> даже через 10 суток. В ходе проведения эксперимента было показано, что подвижная форма ванадия в водной среде, через сутки переходит в малорастворимое соединение ванадат, который в виде взвеси оседает. С учётом этого было выдвинуто предположение, что слой ТБО будет сорбировать на себе ванадат, находящийся в фильтрате в виде взвеси, что приведет к снижению его концентрации в фильтрате полигона ТБО.

Для исследования влияния шлака на содержание ванадия в фильтрате полигона ТБО спроектировали и изготовили экспериментальную установку, которая позволяет моделировать образование фильтрата. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2.

В лабораторной установке ТБО размещались в условиях, максимально приближенных к реальным. Высота слоя ТБО и переосыпного материала, согласно «Инструкции по проектированию и эксплуатации полигонов для твердых бытовых отходов/АКХ им. К. Д. Памфилова» составляла 2 и 0,25 метра соответственно. Морфологический состав ТБО

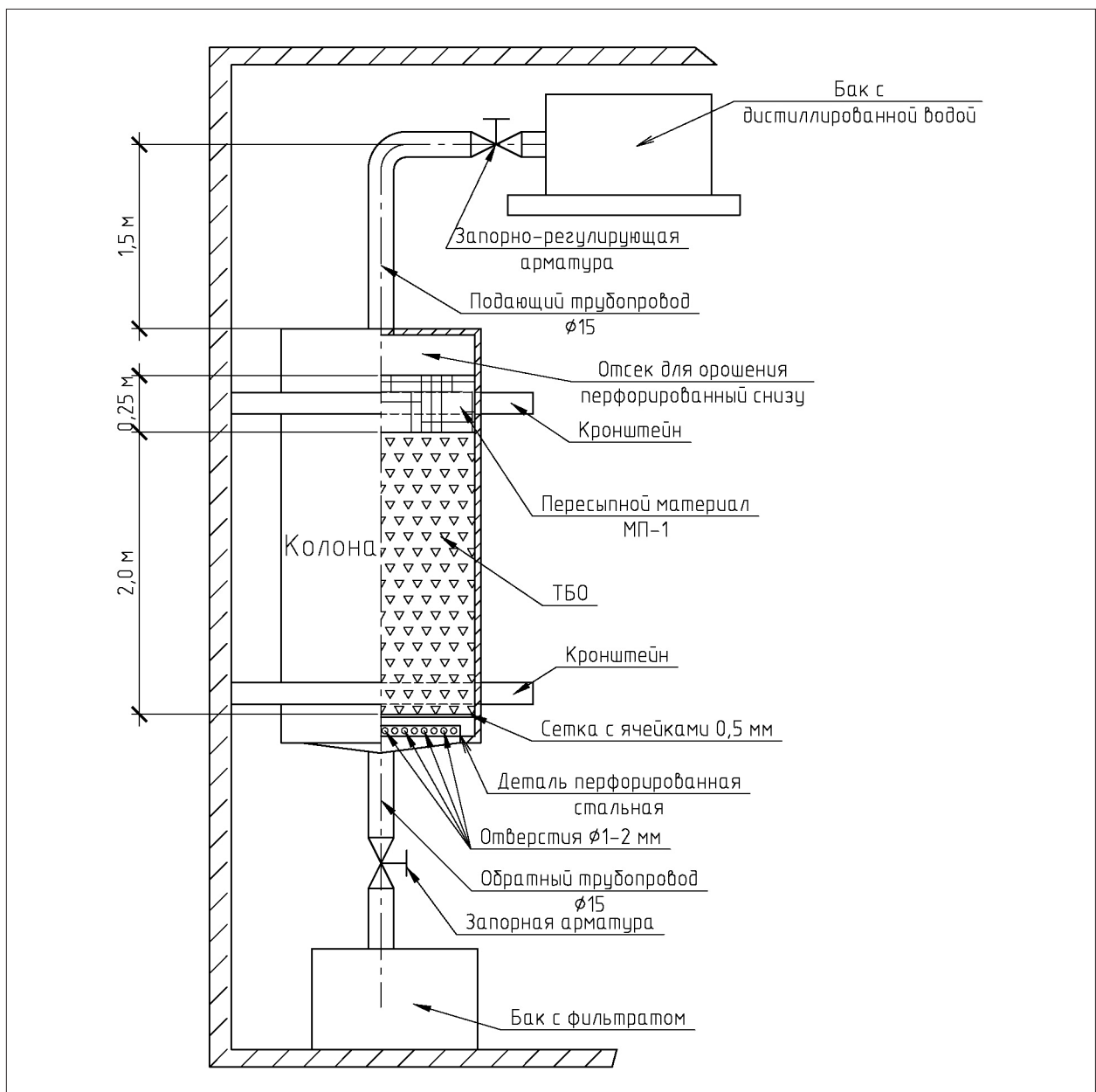


Рис. 2. Лабораторная установка для изучения влияния шлака на содержание ванадия в фильтрате полигона ТБО.

**Таблица 3**  
Морфологический состав ТБО,  
загруженных в установку

Тип отходов	Содержание, %
Пищевые отходы	8,9
Макулатура	22,8
Металлы	2,7
Пленки полимерные	5,7
Твердые пластмассы	3,4
ПЭТ бутылки	2,8
Прочие пластмассы	3,2
Стекло	17,7
Электрошрот	0,8
Текстиль	5,0
Кожа, резина, обувь	2,0
Подгузники одноразовые	1,9
Дерево	1,3
Отсев	12,4
Прочее	9,4

взяты согласно данным исследований кафедры ООС ПНИПУ [8]. Морфологический состав ТБО, загруженных в установку, представлен в таблице 3.

Для моделирования атмосферных осадков, попадающих на поверхность полигона ТБО, сверху на слой шлака подавалась дистиллированная вода. Подача была организована сверху, из ёмкости через устройство для орошения, в количестве, соответствующем среднему показателю количества осадков в Пермском крае. Нормативное количество осадков на единицу площади поверхности в Пермском крае, согласно ТСН 11-301-2004 «Инженерно-геологические изыскания для строительства на закарстованных территориях Пермской области» от 01.01.2005 г, изменяется от 500–550 мм в южных районах края до 800–1000 мм в северных и северо-восточных районах. Большая часть их выпадает в тёплый период года, имеющего среднюю продолжительность до 190–200 дней. В связи с этим был принят средний показатель количества осадков, равный 600 мм на единицу площади поверхности. Поскольку площадь поверхности установки составляет 0,0314 м<sup>2</sup>, объём поданной воды в установку составил 18,8 литров. Чтобы смоделировать самые неблагоприятные погодные условия, т. е. период пиковых осадков, весь объём воды равномерно подали в течение 24 часов.

Фильтрация проходила в течении одних суток, после чего собранный фильтрат исследовали в Центре аналитических исследо-

ваний и метрологического обеспечения экологических измерений ОАО «МНИИЭКО ТЭК», г. Пермь. Было установлено, что содержание ванадия в фильтрате составило 0,057 мг/л, т. е. всего за сутки фильтрации содержание ванадия в фильтрате стало ниже ПДК<sub>х-п</sub>.

Нами были разработаны технологический регламент и технические условия получения материала для изоляции уплотнённых слоёв ТБО на основе шлака феррованадиевого производства МП-1 по ТУ № 0798-001-00186341-2012. Основные технологические операции состоят в следующем: медленное охлаждение шлака, его грохочение и магнитная сепарация. Медленное охлаждение производят на открытой площадке при температуре окружающей среды, при этом происходит самораспад шлака с образованием частиц от 0,01 до 2 мм. При грохочении шлака удаляется фракция шлака более 250 мм, которая направляется на дробление на щековой дробилке до размеров менее 250 мм. Данный размер регламентируется как наиболее крупная фракция материала, допускаемая для использования в качестве пересыпного материала на полигонах ТБО. В общей массе исходного сырья фракция, которая должна пройти дробление, составляет не более 3%. Материал, полностью удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к гранулометрическому составу, проходит магнитную сепарацию, в ходе которой удаляются металлические включения феррованадия и ферросилиция. В настоящее время весь свежий выход шлака феррованадиевого производства (7 тыс. тонн) после переработки используется в качестве материала для изоляции уплотнённых слоёв ТБО на полигоне ТБО г. Чусового Пермского края.

### Заключение

Проведённые исследования позволили разработать технологию получения из шлаков феррованадиевого производства пересыпного материала для полигона ТБО. Полученный материал соответствует требованиям, предъявляемым к пересыпному материалу. Внедрение разработанной технологии позволило полностью отказаться от размещения шлака феррованадиевого производства на неподготовленной площадке и заменить первичные природные материалы, используемые для пересыпки ТБО, на вторичные материалы, что благоприятно повлияет на экологическую ситуацию в районе размещения отходов металлургического завода. Кроме того, это позволит получить экономическую выгоду, в размере 1,4 млн. руб-

лей в год, в виде исключения экологических платежей за размещение отходов ферросплавного производства в окружающей среде.

### Литература

1. Пугин К. Г. Негативное воздействие шлаковых отвалов черной металлургии на объекты окружающей среды на примере города Чусового // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 2. С. 86–90.

2. Пугин К. Г. Снижение экологической нагрузки на водные объекты при размещении неутраченных отходов предприятий черной металлургии // Вода и Экология, проблемы и решения. 2008. № 4. С. 57.

3. Пугин К.Г., Калинина Е.В. Использование отходов предприятий химической и металлургической отрасли для изготовления асфальтобетонных дорожных покрытий // Экология и промышленность России. 2011. № 10. С. 28–30.

4. Пугин К.Г., Вайсман Я.И. Методические подходы к управлению геоэкологической безопасностью при

размещении твердых отходов черной металлургии путем минимизации экологических рисков // Проблемы региональной экологии. 2012. № 3. С. 113–120.

5. Пугин К.Г. Изменение состава твердых отходов черной металлургии в современных условиях // Экология и промышленность России. 2011. № 9. С. 46–49.

6. Вейхман Г.А., Уланова Т.С., Стенно Е.В., Гилева О.В., Баканина М.А. Оценка воздействия химического фактора в производстве феррованадиевых сплавов // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 11. С. 20–24.

7. Ильиных Г.В., Коротаев В.Н., Вайсман Я.И. Оценка потенциала твердых бытовых отходов как альтернативы первичным энергоресурсам // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 7. С. 18–21.

8. Вайсман Я.И. Тенденции и перспективы управления твердыми бытовыми отходами на урбанизированных территориях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. 2011. № 1. С. 81–99.