УДК 504.064.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ ПЕРЕСЫПНОГО МАТЕРИАЛА НА ПОЛИГОНЕ ТБО

Зверева Н.И., Пугин К.Г.

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: rector@pstu.ru

В статье рассмотрено негативное воздействие полигонов твердых бытовых отходов на окружающую среду. Показан порядок складирования твердых бытовых отходов на полигоне. Изучены требования для материалов, применяемых для пересыпки твердых бытовых отходов. После анализа крупнотоннажных малотоксичных твердых отходов нескольких предприятий Пермского края на предмет возможного их использования в качестве пересыпного материала, остановились на отходах Чусовского металлургического завода, получаемыех при производстве феррованадия силикоалюминотермическим методом. Показано, что благодаря своим свойствам и структуре отходы, получаемые при производстве феррованадия силикоалюминотермическим методом, соответствуют требованиям пересыпного материала, а значит их можно использовать в качестве изолирующего грунта для пересыпки твердых бытовых отходов.

Ключевые слова: пересыпной материал для ТБО, утилизация промышленных отходов

USE OF WASTES OF «CHUSOVOY METALLURGICAL PLANT» AS AN INSULATING OF THE MATERIAL ON THE SOLID WASTE LANDFILL

Zvereva N.I., Pugin K.G.

FGBOU VPO «Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet», Perm, e-mail: rector@pstu.ru

The article considers the negative impact of solid waste on the environment. Shows the order of storage of solid waste at the landfill. Studied the requirements for materials used for insulating of solid waste. After the analysis of large-tonnage low-toxic solid waste several plant of Perm region for possible use as insulating material , stopped on wastes «Chusovoy metallurgical plant», which received by the production of ferrovanadium silikoalyuminotermickal method. It is shown, that due to its properties and composition of waste generated in the production of ferrovanadium silikoalyuminotermickal method comply with the requirements of insulation of the material, and so they can be used as insulation of ground for insulation of solid household waste.

Keywords: insulation materials for solid waste landfill, recycling of industrial wastes

Производственная и бытовая деятельность человека неминуемо связана с образованием отходов. Поэтому проблема обращения с твердыми бытовыми отходами является актуальной и весьма значимой, так как в современном мире с каждым годом растет количество ТБО.

При захоронении в составе отходов биодеградируемых компонентов полигоны функционируют как большие, трудно управляемые биохимические реакторы, в которых происходят процессы трансформации органических веществ с выделением газообразных и жидких продуктов их метаболизма (компонентов биогаза и загрязняющих веществ фильтрата), что создает опасность загрязнения окружающей среды и ухудшает санитарные условия жизни населения.

Цель исследования – рассмотреть возможность применения шлака металлургического завода, получаемого при производстве феррованадия силикоалюминотермическим методом, в качестве изолирующего грунта для пересыпки твердых бытовых отходов (ТБО).

Основными видами антропогенного воздействия полигона на окружающую среду являются [9]:

- Выброс биогаза с участка депонирования ТБО.
- Привнос в атмосферный воздух газообразных веществ от технологических машин, которые обслуживают полигон.
- Выделение в поверхностные воды свалочного фильтрата, отводимого от тела полигона, промливневых и хозбытовых сточных вод от хозяйственной зоны полигона.
- Изъятие земельных ресурсов и загрязнение почв.
- Эпидемиологическая опасность. Полигон ТБО является потенциальным (при отсутствии специальных защитных мероприятий) источником бактериологического заражения местности. Перенос болезнетворных микроорганизмов может происходить через загрязненые стоки полигона; разнос легких фракций отходов (ветром с рабочих карт или с подъезжающих мусоровозов); птиц, насекомых; грызунов.
- При воспламенении в теле свалки помимо оксида углерода угарного газа, образуются высокотоксичные продукты распада.

Общепринятый порядок складирования отходов на рабочей карте состоит из следующих этапов [8]:

1. Из мусоровоза выгружается ТБО непосредственно на рабочем теле полигона перед рабочей картой.

2. Отходы разравниваются и формируются в слой высотой 0,3–0,5 м (методом надвига или сталкивания).

3. Производят уплотнение слоя катком и формируют 12–20 таких слоев, вследствие чего образуется вал с пологим откосом высотой не более 2 м над уровнем площадки разгрузки мусоровозов.

4. Уплотненный слой ТБО изолируется слоем пересыпного изоляционного материала 0,25 м (при обеспечении уплотнения в 3,5 раза и более допускается изолирующий слой толщиной 0,15). Промежуточная изоляция в теплое время года осуществляется ежесуточно, в холодное время года – с интервалом не более трех суток.

Далее все повторяется вновь до заполнения рабочей карты. После закрытия одной рабочей карты переходят к другой.

Для исключения неблагоприятного воздействия полигона ТБО на окружающую среду предусматривается ряд инженерных сооружений и мероприятий. Одним из таких мероприятий является промежуточная изоляция уплотненного слоя ТБО пересыпным материалом.

Материал для пересыпки ТБО должен:

1. Быть инертным по отношению к ТБО [9].

2. Надежно изолировать ТБО от контакта с насекомыми [9].

3. Препятствовать доступу птиц и грызунов к отходам [9].

4. Быть неудобным для устройства лазеек и нор [9].

5. Быть проницаемым для образующихся при разложении отходов газов [9].

6. Препятствовать появлению запахов от разложения отходов (обладать сорбционными свойствами) [9].

7. Сводить к минимуму проникновение влаги в рабочее тело полигона [9].

8. Хорошо уплотняться [1].

Ни один из видов почвы или промышленных отходов в полной мере не отвечает всем этим требованиям.

Из нормативно-технической литературы и научных разработок зарубежных и российских ученых известно, что существуют следующие способы изоляции ТБО:

1. В зимний период в качестве изолирующего материала разрешается использовать строительные отходы, отходы производства – отходы извести, мела, соды, гипса, графита и т.д. [1].

2. Отсортированный свалочный грунт [2].

Также в качестве материала для пересыпки ТБО можно применить промышленные отходы (ПО) IV класса опасности, которые удовлетворяют следующим требованиям:

1. Содержание в водной вытяжке (1 л воды на 1 кг отходов) токсичных веществ в ПО на уровне фильтрата из твердых бытовых отходов.

2. Биохимическая потребность в кислороде ($БПК_{20}$) и химическая потребность в кислороде (ХПК) – не выше 300 мг/л.

3. Должны иметь однородную структуру с размером фракций менее 250 мм.

Для выбора промышленного отхода, который можно использовать в качестве пересыпного материала, были проанализированы крупнотоннажные малотоксичные твердые отходы нескольких предприятий Пермского края. Выбор был остановлен на отходах, образующихся при производстве феррованадия одного из металлургических заводов, расположенного в Пермском крае.

Производство феррованадия ведут силикоалюминотермическим методом. Шихтовыми материалами для производства феррованадия являются: гранулированная пятиокись ванадия, (дробленый 10–30 мм) ФС75, алюминий в гранулах менее 30 мм, металлоотсев – отходы, полученные при сепарации конвертерного шлака, стальная обрезь и известь.

Производство феррованадия складывается из двух процессов: восстановительного и рафинировочного. Во время первого периода ведут восстановление ванадия из пятиокиси ванадия и рафинировочного шлака при избытке восстановителя – ферросилиция и на известковых шлаках. Для довосстановления шлака разрешается применять коксовую мелочь. Содержание V_2O_5 в отвальном шлаке этого периода не должно превышать 0,35 %, а феррованадий содержит 25–30 % V, 21–23 % Si и 0,3–0,5 % C. Затем обогащают сплав ванадием в результате восстановления содержащимися в нем кремнием и алюминием пятиокиси ванадия, которая загружается в смеси с известью в соотношении 1:1,5. Содержание кремния в сплаве в конце восстановительного периода составляет 9–12 %, а ванадия 35–40 %. Отвальный шлак содержит < 0,35 % V.

После слива шлака начинают очистку сплава от кремния, для чего в печь загружают пятиокись ванадия с известью в соотношении 1:1. Восстановленный ванадий переходит в сплав, содержание кремния в котором опускается ниже 2,0 %, после чего сливают рафинировочный шлак и выпускают феррованадий в чугунные изложницы. После остывания сплав разделывают и упаковывают, а отходы, получающиеся при разделке и чистке сплава, возвращают на переплав.

Рафинировочный шлак, содержащий 40–45 % CaO, 20–25 % SiO_2, 10–15 % MgO,

10–15 % V возвращают в печь в восстановительный период следующей плавки. Полученный феррованадий содержит примерно 45–50 % V, 1,5 % Si, 0,90 % Al, 1,2–1,4 % Mn, 0,7–0,95 % Cr, 0,08 % P и 0,05 % S.

На одну базовую тонну феррованадия (40 % V) расходуется 710 кг плавленой пятиокиси ванадия (100 % V_2O_6) > 425 кг ферросилиция, ФС75, 75 кг алюминия, 1350 кг извести, 300 кг железной обрези и металлоотсева и 4,68 ГДж (1350 кВт*ч) электроэнергии.

Извлечение ванадия при производстве феррованадия составляет примерно 99,5 %, а сквозное извлечение ванадия из руды до феррованадия 60 %.

Норма образования шлака при алюмосиликотермическом способе составляет 6,6 т на тонну ванадия. Получаемый конечный шлак имеет химический состав, указанный в табл. 1 (по данным лаборатории химического анализа металлургического завода).

В настоящее время отходы размещаются в пойме рек Вильва и Чусовая в виде отвала на неподготовленной площадке. При этом происходит загрязнение почвы и водных объектов [3, 4, 5, 6, 7].

Таблица 1

Химический состав шлака при производстве феррованадия силикоалюминотермическим методом (марка 50) за первое полугодие 2012 г.

Месяц	V_2O_5	SiO_2	CaO	MgO	MnO	Al_2O_3	P	S
Январь	0,32	29,60	53,10	7,61	0,17	5,79	0,002	0,004
Февраль	0,22	29,50	52,50	9,78		6,03	0,004	
Март	0,38	32,40	52,40	9,59		4,59	0,004	
Апрель	0,22	33,20	49,80	9,48	0,21	4,42	0,003	0,003
Май	0,65	33,00	55,50	7,15	0,14	4,44	0,006	
Июнь	0,21	31,70	53,50	8,60		3,43	0,004	
Средняя за полугодие	0,33	31,57	52,80	8,70	0,17	4,78	0,0038	0,004

Изначально шлак представляет собой массивное твердое тело оливково-зеленого цвета. По мере остывания глыбы шлака в результате силикатного распада начинают рассыпаться, превращаясь в мелкий белый порошок. После распада шлак представляет собой пылевидную массу бело-серого цвета с удельной поверхностью до 300 $м^2$/кг.

Ранее проведенные исследования показали:

1. Удельная эффективная активность природных радионуклидов составляет 58 Бк/кг.
2. Индекс токсичности водного экстракта (без разведения) 12,34.
3. Гранулометрический состав, табл. 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав феррованадиевого шлака

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

Минералогический состав шлака состоит в основном из мервинита и двукальцевого силиката. Наряду с этим присутствуют мелит, периклаз и феррованадий металлический. Шлак самораспадающийся, в настоящее время не утилизируется, а размещается на промышленных площадках в виде отвалов, которые зачастую расположены в поймах рек и в непосредственной близости от населенных пунктов. При этом происходит задалживание территорий, загрязнение водных объектов и почвы на значительном удалении от места размещения отходов. С предприятия взимаются платежи за размещение отходов.

Согласно паспорту на отход производства шлак феррованадия – это промышленный отход V класса опасности, характеризующийся содержанием в водной вытяжке (1 л воды на 1 кг отходов) токсичных веществ на уровне ниже фильтрата из твердых бытовых отходов, а по интегральным показателям – биохимической потребности в кислороде ($БПК_{20}$) и химической потребности в кислороде (ХПК) – не выше 300 мг/л; он имеет однородную структуру с размером фракций менее 250 мм. Благодаря своей структуре хорошо уплотняется и, как следствие, неудобен для устройства лазеек и нор, препятствует доступу птиц, грызунов и влаги в рабочее тело полигона, надежно изолирует ТБО от контакта с насекомыми.

Выводы

Таким образом, шлак металлургического завода, получаемый при производ-

стве феррованадия силикоалюминотермическим методом, может быть использован в качестве изолирующего грунта для пересыпки ТБО. Благодаря этому мероприятию будут решены следующие проблемы:

1. Утилизация отходов металлургического завода, которых только на данный момент накопилось около 1 млн т, и каждый год добавляется 5–7 тыс. т.

2. Отпадет необходимость разработки почвогрунта для изоляции ТБО (для которого, как правило, дополнительно требуется разработка карьера), а следовательно, отпадет необходимость в проведении дополнительных работ по рекультивации разрабатываемых карьеров.

Список литературы

1. Инструкция по проектированию и эксплуатации полигонов для твердых бытовых отходов / АКХ им. К.Д. Памфилова. – М., 1996.

2. Пат. 2243040 РФ, МПК7 B09B1/00, C1. Способ рекуперации площадок захоронения твердых бытовых отходов.

3. Пугин К.Г. Снижение экологической нагрузки сталеплавильного производства за счет использования мелкодисперсных железосодержащих отходов в металлургии // Научные исследования и инновации. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 64–71.

4. 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.

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

6. 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.

7. Пугин К.Г., Куропова Н.Е. Снижение экологической нагрузки на водные объекты при размещении неутилизированных отходов предприятий черной металлургии // Вода и экология: проблемы и решения. – 2008. – № 4. – С. 57.

8. Санитарная очистка и уборка населенных мест: Справочник / А.Н.Мирный и др. – М.: Стройиздат, 1997. – С. 253–254.

9. Управление отходами. Полигонные технологии захоронения твердых бытовых отходов. Рекультивация и постэксплуатационное обслуживание полигона: монография / Я.И. Вайсман и др. – Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, 2012.

References

1. Instrukcija po proektirovaniju i jekspluatacii poligonov dlja tverdyh bytovyh othodov[The instruction on designing and operation of landfills for solid household waste] / AKH im. K.D. Pamfilova. Moscow, 1996.

2. Pat. 2243040 RF, MPK7 V09V1/00, S1. Sposob rekuperacii plowadok zahoronenija tverdyh bytovyh othodov [The method of recovery sites of burial of solid household waste].

3. Pugin K.G. Snizhenie jekologicheskoj nagruzki staleplavil'nogo proizvodstva za schet ispol'zovanija melkodispersnyh zhelezosoderzhawih othodov v metallurgii [Reduction of environmental load of steel production through the use of fine iron-containing waste in metallurgy] // Nauchnye issledovanija i innovacii. 2010. T. 4. no. 3. pp. 64–71.

4. Pugin K.G. Negativnoe vozdejstvie shlakovyh otvalov chernoj metallurgii na obekty okruzhajuwej sredy na primere goroda Chusovogo [The negative impact of slag dumps of ferrous metallurgy in environmental objects by the example of Chusovoy town]// Jekologija urbanizirovannyh territorij. 2011. no. 2. pp. 86–90.

5. Pugin K.G. Izmenenie sostava tverdyh othodov chernoj metallurgii v sovremennyh uslovijah [Change in the composition of solid waste of ferrous metallurgy in modern conditions] // Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2011. no. 9. pp. 46–49.

6. Pugin K.G., Kalinina E.V. Ispol'zovanie othodov predprijatij himicheskoj i metallurgicheskoj otrasli dlja izgotovlenija asfal'tobetonnyh dorozhnyh pokrytij [The use of waste of the enterprises of chemical and metallurgical industry for the manufacture of asphalt-concrete road surfaces]\\ Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2011. no. 10. pp. 28–30.

7. Pugin K.G., Kuropova N.E. Snizhenie jekologicheskoj nagruzki na vodnye obekty pri razmewenii neutilizirovannyh othodov predprijatij chernoj metallurgii [Reduction of environmental load on water bodies at placing of not utilized waste of ferrous metallurgy enterprises] // Voda i jekologija: problemy i reshenija. 2008. no. 4. pp. 57.

8. Mirnyji A.N. and other. Sanitarnaja ochistka i uborka naselennyh mest [Sanitation and cleaning of populated areas]. Moscow, Strojizdat, 1997, pp. 253–254.

9. Vajsman Ja.I. and other. Upravlenie othodami. Poligonnye tehnologii zahoronenija tverdyh bytovyh othodov. Rekul'tivacija i postjekspluatacionnoe obsluzhivanie poligona [Waste management. Polygon technology disposal of solid household waste. Restoration and maintenance of the landfill post-operational]. Perm: Perm National Research Polytechnical University, 2012.

Рецензенты:

Глушакова И.С., д.т.н., профессор кафедры охраны окружающей среды ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь;

Корзанов В.С., д.х.н., доцент, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 07.12.2012.