

КОНСЕРВАЦИЯ ПОЛИГОНОВ ПО ЗАХОРОНЕНИЮ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ С ЦЕЛЬЮ УТИЛИЗАЦИИ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

М.А.ПАШКЕВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, mpash@spmi.ru*

Т.А.ПЕТРОВА, *канд. техн. наук, доцент, petrova9@yandex.ru*

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия

Проведена оценка существующих технологий хранения и утилизации твердых бытовых отходов в России и за рубежом. Приведены результаты натурных наблюдений за качеством атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод в районах размещения полигонов по захоронению твердых бытовых отходов. Предложен способ эффективной изоляции поверхности полигонов с применением полимерных материалов. Описан технологический процесс изоляции поверхности полигона с помощью экранирующей машины на самоходной базе, что позволит организовать централизованную утилизацию биогаза с полигонов, улучшить экологическую обстановку в районах их расположения, уменьшить загрязнение атмосферы и практически исключить самовозгорание отходов.

Ключевые слова: утилизация отходов, полигоны по захоронению твердых бытовых отходов, экологический мониторинг, изолирующие экраны, биогаз.

Количество отходов производства и потребления различного генезиса возрастает с каждым годом в геометрической прогрессии. На каждого жителя крупного города приходится 250-300 кг бытовых отходов в год, причем с каждым годом эта цифра увеличивается [6, 7].

В настоящее время на территории Российской Федерации накоплено более 80 млрд т твердых отходов, около 2 млрд т являются токсичными и содержат канцерогенные вещества.

Размещение отходов производится как на специализированных полигонах, так и на несанкционированных свалках. Вопросы обезвреживания и утилизации отходов производства и потребления неоднократно затрагивались инженерами и учеными разных стран, но способа, позволяющего полностью исключить воздействие хранилищ отходов на окружающую среду, пока не существует [2, 9]. Несмотря на высокую экологическую опасность бытовых и производственных отходов, до сих пор не разработаны технологические решения, позволяющие эффективно их утилизировать с получением экономического эффекта.

На сегодняшний день не существует промышленных отходов, которые нельзя переработать тем или иным способом. При этом, как правило, велики расходы энергии и себестоимость единицы массы переработанных отходов. Это не позволяет применять существующие способы переработки на практике и определяет необходимость разработки новых экологически и экономически эффективных технологий.

Таким образом, за последние 10 лет в Российской Федерации положительной динамики в процессе утилизации отходов не наблюдалось, вследствие чего объем неутраченных отходов с каждым годом увеличивается.

По сравнению с серединой прошлого века методы обращения с отходами в европейских странах и США существенно изменились. Наблюдается постепенный переход от складирования и сжигания отходов к использованию их в качестве вторичного сырья и энергоресурсов [8, 10]. В Западной Европе и США по оптимистичным прогнозам количество отходов, используемых в качестве вторсырья, в том числе с получением дополнительных энергоресурсов, может достигнуть в 2020 г. до 35 % от их общего количества [10]. Такое направление утилизации развивается в связи с тем, что обращение с отходами является одной из политических доминант в развитых странах мира.

В Российской Федерации в настоящее время ни один из органов государственной власти не владеет полной информацией об объемах образования отходов производства и потребления, как следствие, отсутствуют комплексные подходы к разработке методов оценки заскладируемых отходов как потенциальных источников техногенного сырья.

Технологии эффективной переработки отходов с получением экономической выгоды находятся в зачаточном состоянии. Предприятия, использующие такие технологии, как правило, имеют малую мощность, узкую направленность и радикально не решают проблему. Также не существует типовых решений для ликвидации конкретных объектов хранения отходов (хвостохранилищ, шламохранилищ, полигонов твердых бытовых отходов и др.), а для ряда отходов технологии переработки отсутствуют вообще.

Основной операцией по изоляции опасных производственных отходов от природной среды на специальных полигонах служит захоронение смешанных твердых, пастообразных и жидких отходов в больших котлованах.

Вследствие отсутствия новых площадей для захоронения отходов, действующие полигоны переполнены, что приводит к интенсивности водной и воздушной миграции загрязняющих компонентов с территории хранилищ отходов.

Более половины токсичных отходов не подвергалось обезвреживанию. Практически все хранилища бытовых и производственных отходов оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды.

Горящие свалки являются источниками вторичного загрязнения окружающей среды, в первую очередь – воздуха. Также возникают следующие экологические проблемы: загрязнение грунтовых вод; неконтролируемое образование биогаза; изменение ландшафта; биологическое загрязнение – неконтролируемое размножение некоторых видов животных.

Воздействие атмосферных осадков на свалки приводит к инфильтрации загрязняющих компонентов в подземные воды. При инфильтрации через толщу отходов, не защищенных от воздействия осадков, происходит образование фильтрата, который представляет собой весьма токсичную жидкость, насыщенную микроорганизмами, содержащую кислоты, соли тяжелых металлов, продукты гниения при просачивании сквозь слои мусора дождевых, талых вод, при орошении (применяемого, в частности, для предотвращения пожаров). Попадание фильтрата в поверхностные и подземные воды ведет к их химическому и бактериальному загрязнению [2].

Другая проблема, связанная с воздействием отходов на природную среду, – образование биогаза при разложении захороненного мусора и отсутствии кислорода, т.е. анаэробно. Биогаз состоит, в основном, из метана, углекислого газа и азота. Кроме того, в отходах образуются газы различных концентраций с неприятным запахом – сероводород, меркаптаны, альдегиды. Необходимо отметить, что метан является «парниковым» газом, т.е. он задерживает длинноволновое излучение, идущее от земной поверхности, и тем самым способствует повышению температуры атмосферы, причем влияние метана на разогрев атмосферы в 30 раз выше, чем другого «парникового» газа – двуокиси углерода.

Состав биогаза зависит от длительности хранения отходов. Гниение отходов может продолжаться несколько десятков лет. За этот срок каждая тонна отходов выделяет от 60 до 180 м³ биогаза [5,10]. Биогаз может проникать в подземные помещения и подвалы зданий, накапливаясь в них, а в смеси с воздухом стать взрывоопасным. Распространяясь в грунте вверх, метан способен повреждать корни растений и причинять этим вред растительности, вызывать эрозию почв. Подсчитано, что образующиеся за год в Санкт-Петербурге бытовые отходы, если их полностью захоранивать на полигонах, со временем дадут 30-40 тыс.т метана.

Экологические проблемы, связанные с функционированием полигонов по захоронению отходов, обуславливают необходимость разработки технологии, позволяющей предотвратить (снизить) техногенную нагрузку на атмосферный воздух, почвенно-растительный

покров и природные воды в районах расположения полигонов по захоронению твердых отходов, а также интенсифицировать процессы выхода свалочного газа для его последующей утилизации.

Первым этапом работ является оценка степени воздействия конкретных полигонов на компоненты окружающей среды.

В качестве объекта исследования выступил полигон твердых бытовых отходов ПТО-3, расположенный в западной части Выборгского района Санкт-Петербурга в 2,5 км от поселка Новоселки. Полигон предназначен для складирования твердых бытовых отходов, производственных отходов и отходов городского хозяйства. ПТО-3 введен в эксплуатацию в 1972 г. Объем размещенных на его территории отходов в настоящее время составляет около 40 млн м³. Площадь полигона 83,5 га.

Полигон твердых бытовых отходов является источником загрязнения атмосферного воздуха. Прием, складирование, уплотнение и изоляция твердых отходов сопровождается выделением загрязняющих веществ в атмосферу.

В 2008-2013 гг. проводились инструментальные замеры концентраций загрязняющих веществ в соответствии с утвержденными и действующими методиками. Отбор проб на содержание вредных веществ осуществлялся на рабочих картах в момент приемки, складирования и изоляции отходов.

На полигоне твердых отходов выявлено девять источников выбросов загрязняющих веществ, включая выбросы от рабочих карт, автотранспорта, котельной и сварочных постов. Всего в атмосферу выбрасывается 21 загрязняющее вещество в количестве 5784,423 т/год, из них твердых – 17,6 т/год, газообразных и жидких – 5766,823 т/год.

В атмосферном воздухе определялись выбросы оксидов азота, углерода и серы, а также сероводород, бенз(а)пирен и углеводороды. Всего пробы атмосферного воздуха анализировались на содержание семи показателей.

Российскими нормативными документами установлены предельно-допустимые концентрации (ПДК) для всех семи контролируемых в районе работ показателей качества атмосферного воздуха.

Концентрации газов и газовых примесей в атмосферном воздухе обследованной территории были ниже предела чувствительности методики анализов и не превышали установленных российскими нормами ПДК. В соответствии с СП 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» владельцем полигона должна разрабатываться программа (план) производственного контроля за состоянием атмосферного воздуха.

Гидрографическая сеть района полигона представлена системой внешних и внутренних дренажных канав, расположенных по периметру полигона. Из внешних дренажных канав незагрязненный поверхностный сток сбрасывается в р.Черную (правый приток р.Камчатки, впадающей в Лахтинский залив и далее в Невскую губу Финского залива).

Система внутренних дренажных канав не замкнута и не обеспечивает сбор загрязненного стока с территории полигона в одном месте, т.е. на данный момент на полигоне отсутствует накопитель дренажного стока. Внутренние и внешние дренажные канавы имеют разную ширину, глубину и поперечное сечение.

В результате обследования, проведенного отделом изысканий института «Проектгазоочистка» в период весеннего половодья, было выявлено следующее:

- выходы загрязненных дренажных вод отмечаются по нижней бровке откоса отвала полигона, наиболее обильные в южной, юго-западной части;
- загрязненные дренажные воды собираются в западную и восточную ветви внутренних дренажных канав, в западную ветвь собирается 22 л/с дренажных вод (из них 3,3 л/с вытекает из прудка), в восточную – 14 л/с;

- сток из пруда собирается в западной ветви, фактически пруд является началом стока в южной части западной ветви внутренних дренажных канав;

- из-за нарушений в обваловке канав воды из внешних дренажных канав попадают во внутренние дренажные канавы и наоборот. Попадание загрязненных дренажных вод из внутренних канав в систему внешних дренажных канав приводит к загрязнению воды в р.Черной. Воды внутренних дренажных канав западной части полигона составили 23 % стока внешней дренажной канавы, восточной части – 18 % стока внешней дренажной канавы.

Отметки воды в канавах полигона изменяются от 8,1 м на западе до 6,2 м на юге.

Основным источником дренажных вод являются атмосферные осадки, выпадающие на поверхность полигона, небольшое количество воды образуется при разложении органических и уплотнении влажных отходов.

Состав дренажного стока, а также нормы ПДК загрязнений для водоемов и при сбросе в канализационные сети приведены в таблице.

Состав загрязненного дренажного стока полигона

Загрязняющее вещество	Дренажный сток ПТО-3, мг/л	ПДК для водоемов, мг/л		Нормативы сброса в канализационные сети
		Культурно-бытовые	Рыбохозяйственные	
рН	7-8	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Взвешенные вещества	10-100	+0,75	+0,25	10
БПК	400-600	6,0	3,0	6
ХПК	3000-5000	–	–	30
Азот аммонийный	1000-1500	2,0	0,5	0,4
Азот нитратный	200-350	10	9,1	9,1
Азот общий	1300-1800	–	–	12
Фосфор общий	4-10	0,0001	–	1,5
Нефтепродукты	0,1-0,2	0,3	0,005	0,08
Медь	0,3-0,5	0,1	0,001	0,003
Алюминий	1-2	0,5	0,5	0,04
Железо	10-15	0,3	0,1	0,22
Никель	0,5-0,8	0,1	0,01	0,01
Хром общий	1,5-2,5	0,5	0,005	0,07
Цинк	0,1-0,8	1,0	0,01	0,02
Свинец	0,1-0,2	0,03	0,1	0,03

Средняя температура стока в зимнее время 3-4 °С, в летнее время – 18-19 °С.

Из данных таблицы видно, что дренажный сток представляет собой значительно концентрированный по загрязняющим компонентам водный раствор. Качество воды не соответствует требованиям СП 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» и ГН 2.1.5.689-98 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водоснабжения». Содержание отдельных загрязняющих веществ превышает ПДК в несколько сотен раз.

На основании представленных данных можно сделать вывод о формировании в поверхностных и подземных водах гидрогеохимических ореолов загрязнения, контрастных по железу, марганцу и кадмию независимо от уклона поверхностного и грунтового стоков. Кроме того, поверхностные воды значительно загрязнены по показателям БПК и растворенного кислорода, особенно ниже границ полигона. В настоящее время очистка дренажных вод не производится, частично они используются для полива свалочной массы, что приводит к еще большей концентрации загрязнений в дренажной воде.

В пределах рассматриваемого района выделены следующие водоносные горизонты:

- водоносный комплекс четвертичных отложений;
- водоносный горизонт гдовских песчаников;
- водоносный комплекс трещиновато-жильных вод пород кристаллического фундамента.

Водоносный комплекс четвертичных отложений включает: водоносный горизонт озерно-ледниковых супесей с прослоями песков; межморенные водоносные горизонты.

Первым от поверхности земли водоносным горизонтом является водоносный горизонт озерно-ледниковых супесей с прослоями песков. Средняя мощность горизонта составляет 5 м. Воды характеризуются безнапорно-напорным режимом, горизонт имеет уклон 0,003-0,004 в сторону Финского залива. Верхним водоупором горизонта являются озерно-ледниковые суглинки, нижним – моренные суглинки. Пьезометрический уровень устанавливается на приповерхностных отметках. Областью питания горизонта является преимущественно территория, прилегающая к Лемболовской возвышенности, область разгрузки – морские отложения вдоль Финского залива.

Межморенные водоносные горизонты залегают на глубинах от 20 до 55 м. В западной части полигона межморенный горизонт отсутствует. Граница его распространения проходит через участок полигона, деля его приблизительно на две равные части по диагонали с северо-запада на юго-восток. Мощность горизонта колеблется от 1,9 до 13,0 м. Воды напорные, статические уровни устанавливаются на глубине 0,9-5,2 м. Водообильность пород колеблется от 0,02 до 3,0 л/с при понижении на 0,9-11,8 м. Минерализация воды составляет 135-575 мг/л. Воды горизонта используются для частного водоснабжения.

Водоносный горизонт гдовских песчаников залегает повсеместно. Воды горизонта напорные, минерализованные, непригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Загрязнение подземных вод сточными возможно только за счет молекулярной диффузии, в результате которой будет происходить разубоживание (разбавление загрязняющих компонентов). Определенное количество загрязняющих веществ будет сорбироваться в природных грунтах. В настоящее время фронт загрязнения в горизонте подземных вод озерно-ледниковых супесей располагается на расстоянии до 70 м к югу от границы складирования бытовых отходов.

Кроме перечисленных водоносных горизонтов, весьма вероятно наличие техногенного горизонта в подошве свалки бытовых отходов. Предпосылками существования такого горизонта являются фильтрационные свойства бытовых отходов и наличие водоупорного основания. Питание его должно осуществляться за счет атмосферных осадков, разгрузка – по подошве свалки и, частично, в водоносный горизонт озерно-ледниковой супеси.

Проведенные в зоне воздействия исследования подтвердили необходимость разработки рациональных средозащитных мероприятий по изоляции поверхности исчерпавших срок эксплуатации полигонов твердых бытовых отходов. До настоящего времени на полигоне применялся способ экранирования его поверхности путем создания глинистого экрана. Способ крайне трудоемок, поскольку требует употребления больших объемов уплотненной глины.

При длительной эксплуатации минералы глин под воздействием температуры (60-80 °С в теле полигона) и агрессивного минерализованного фильтрата (кислого или щелочного) изменяют свое структурное состояние, что приводит к растворению карбонатных минералов (в кислом фильтрате) или глинистых минералов (в кислом или щелочном фильтрате). Таким образом, экран, имея первоначально высокую прочность, постепенно теряет ее. В связи с этим, к вновь создаваемому покрытию предъявляются достаточно высокие требования как в плане токсической безопасности, так и механических свойств (кратковременная и длительная механическая прочность, трещиностойкость). Эти свойства должны сохраняться длительное время при воздействии климатических и эксплуатационных факторов в широком диапазоне их изменения.

Результаты проведенных работ показали, что экран, удовлетворяющий всем перечисленным условиям, может быть создан путем термической обработки равномерно распределяемых по поверхности хранилища полимерных материалов (полиэтилена, полипропилена

или их смеси) или их отходов [4]. Формирование экрана предотвращает инфильтрацию атмосферных вод в тело техногенных массивов, сопровождающуюся загрязнением подземных вод токсичными веществами, а также пылевыделением и загрязнением почв.

Предлагаемый способ изоляции полигонов по захоронению твердых бытовых отходов основан на плавлении легкоплавких экологически чистых композиционных материалов, содержащих отходы полиэтилена, и заключается в изготовлении смеси из отходов полиэтилена (70-99 %) и полипропилена (1-30 %) (в зависимости от условий складирования).

Технологический процесс изоляции поверхности полигона включает три стадии:

- 1) планирование поверхности хвостохранилища;
- 2) проведение дренажных мероприятий;
- 3) создание композитного экрана.

На первых двух стадиях процесса изоляции поверхности полигона задействуется комплекс машин и оборудования (бульдозеры, экскаваторы, автосамосвалы и т.п.). Проведение третьей стадии процесса требует применения специализированного оборудования – экранирующей машины. Экранирующая машина создается на самоходной базе (колесной или гусеничной), где размещаются силовой агрегат, бункер с отходами полиэтилена, исполнительный орган и узлы управления машиной. Исполнительный орган экранирующей машины позволяет наносить полимерное покрытие или композит на профилированную поверхность полигона. При нанесении защитного покрытия в виде композиционного материала исполнительный орган выполняет следующие функции: забор дисперсного материала с профилированной поверхности полигона; перемешивание материала поверхностного слоя с подготовленным связующим (измельченные отходы полиэтилена); нагрев полученной смеси; выстилание нагретой композиционной массы на поверхность полигона; уплотнение покрытия для обеспечения большей адгезии материала матрицы с термопластичным связующим. Уплотнение позволяет повысить адгезию материала матрицы и наполнителя композиционного материала, что является одним из важнейших факторов, влияющих на прочность покрытия [1].

Предлагаемый способ изоляции поверхности полигонов по захоронению отходов позволяет:

- повысить прочность и тем самым сохранить форму покрытия на длительный срок, а также использовать как гидроизолирующий экран полигонов за счет термического преобразования композиционного материала;
- упростить и повысить технологичность процесса получения покрытия, способного реализовать гидроизоляционные свойства в условиях постоянной ветровой нагрузки и воздействия атмосферных осадков, а также контакта с режущими и колющими предметами или осколками и т.д.
- уменьшить коэффициент фильтрации за счет повышения антифрикционных свойств покрытия;
- уменьшить водопоглощение покрытия за счет термического взаимодействия композиционного материала и грунтового основания;
- решить основную проблему экранов этого класса, а именно разрушающее действие солнечной радиации, нанесением недорогого изолирующего слоя из гравия, гальки и подобных крупнозернистых материалов;
- существенно снизить стоимость экранирования и загрязнение окружающей среды за счет использования при производстве экрана отходов полиэтилена и полипропилена;
- предотвратить вынос токсичных компонентов, представляющих собой угрозу нарушения естественного состояния окружающей среды и условий существования человека.

Таким образом, по результатам проведенного комплекса исследований было доказано, что наиболее пригодными материалами для формирования изоляционного покрытия при рекультивации полигонов по захоронению отходов являются полиэтилены высокой и низкой плотности, что позволит с высокой эффективностью организовать сбор биогаза.

Процесс разложения твердых бытовых отходов, на 55-70 % состоящих из органических соединений, протекает во многом идентично процессу сбраживания сильно загрязненных сточных вод или осадка очистных сооружений городской канализации. В результате этого процесса образуется биогаз, имеющий теплоту сгорания 18900-25100 кДж/м³ (4500-6000 ккал/м³) и следующий усредненный состав, %: метан – 50-65, диоксид углерода – 30-45, сероводород – 0,2-0,8, азот, кислород, водород – 1-2, ароматические углеводороды, сложные эфиры – до 1. Средняя влажность биогаза – 35-40 %.

Очисткой от балласта, сероводорода и осушкой теплоту сгорания биогаза можно увеличить до 27200-31400 кДж/м³ (6500-7500 ккал/м³) или до 80 % теплоты сгорания природного газа.

Полученный на полигонах твердых бытовых отходов биогаз может использоваться в качестве топливного материала для коммунально-бытовых целей и сельского хозяйства, а также для выработки электроэнергии. Одновременно утилизация биогаза с полигонов позволяет улучшать их экологическую обстановку, уменьшить загрязнение атмосферы и практически исключить самовозгорание отходов.

Для получения биогаза на закрытом полигоне предлагается бурение скважины минимальным диаметром 150 мм на всю глубину слоя складированных отходов. Обсадные трубы скважины могут быть асбестоцементными, полиэтиленовыми или полихлорвиниловыми диаметром 100 мм с перфорационными отверстиями или пропилами, сделанными по аналогии с перфорированными трубами, применяемыми для действующих полигонов. Пространство между скважиной и обсадной трубой засыпают крупнозернистым щебнем и заливают бетоном на глубину 0,5 м. Площадь вокруг скважины на расстоянии 1,5-2 м изолируют слоем глины или цементного раствора толщиной 30-40 см. Это обеспечивает надежное крепление скважины и сбор биогаза, предохраняет от проникновения внутрь скважины поверхностных вод. Газовая скважина является основным элементом системы сбора биогаза и поэтому ее обустройство необходимо выполнять особенно тщательно.

Устья газовых скважин оборудуются идентично устьям газовых скважин на эксплуатируемых полигонах. В плане скважины располагают в виде квадратной сетки с минимальным расстоянием друг от друга 30-40 м и соединяют между собой в прямолинейные батареи промежуточными газопроводами, подключаемыми к магистральному.

Количество скважин принимают в зависимости от площади и вместимости полигона, а также мощности потребителя. Для предварительных расчетов дебит скважины на полигоне принят равным 6-8 м³/ч.

Интенсивность выделения биогаза зависит в первую очередь от влажности уложенных на полигоне отходов. При влажности отходов 30-35 % интенсивность выделения биогаза незначительна, в этих случаях в проекте необходимо предусмотреть искусственное дождевание. Окончательный вывод о применении искусственного дождевания делают после составления уравнения водного баланса полигона и анализа гидрогеологических условий залегания основания полигона.

Надежный сбор биогаза и подачу его на очистку, осушку и далее в энергетическую установку обеспечивают вентиляторной группой, создающей в каждой скважине разрежение величиной 100-150 мм вод. ст.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глебов В.Д. Расчет толщины пленочных полимерных противодиффузионных экранов / В.Д.Глебов, В.П.Лысенко // Гидротехническое строительство. 1979. № 6. С.17-20.
2. Мариненко Е.Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве. Волгоград: ВолгГАСА, 2003. 100 с.
3. Обоснование комплексных энергетических технологий на полигонах твердых бытовых отходов / В.В.Елистратов, Л.И.Кубышкин, В.И.Масликов, Е.Р.Покровская // Энергетическая политика. 2001. Вып.3. С.38-41.
4. Патент № 2547869 РФ. Способ консервации и изоляции техногенных месторождений / М.А.Пашкевич, Ю.Д.Смирнов, Т.А.Петрова и др. Оpubл. 10.04.2015. Бюл. № 10.

5. Стребков Д.С. Биогазовые установки для обработки отходов животноводства / Д.С.Стребков, А.А.Ковалев // Техника и оборудование для села. 2006. № 11. С.28-30.
6. Eyerer P., Gettewert V. Properties of Plastics in Structural Components // Polymers – Opportunities and Risks I. Springer Verlag. 2010, p.47-165.
7. Hassanein A.A., Qiu L., Junting P., Yihong G., Witarsa F. Simulation and validation of a model for heating underground biogas digesters by solar energy // Ecological Engineering. 2015. Volume 82, p.336-344.
8. Li C., Champagne P., Anderson B.C. Enhanced biogas production from anaerobic co-digestion of municipal wastewater treatment sludge and fat, oil and grease (FOG) by a modified two-stage thermophilic digester system with selected thermo-chemical pre-treatment // Renewable Energy. 2015. Volume 83, p.474-482.
9. Palstra S.W., Rabou L.P.L., Meijer H.A.J. Radiocarbon-based determination of biogenic and fossil carbon partitioning in the production of synthetic natural gas // Fuel. 2015. Volume 157, p.177-182.
10. Sgroi F., Di Trapani A.M., Foderà M., Testa R., Tudisca S. Economic performance of biogas plants using giant reed silage biomass feedstock // Ecological Engineering. 2015. Volume 81, p.481-487.

REFERENCES

1. Glebov V.D., Lysenko V.P. Raschet tolshhiny plenochnykh polimernykh protivofil'tracionnykh jekranov (*Calculation of the thickness of the polymer film impervious screens*). Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo. 1979. N 6, p.17-20.
2. Marinenko E.E. Osnovy polucheniya i ispol'zovaniya biotopliva dlja resheniya voprosov jenergosberezheniya i ohrany okruzhajushhej sredy v zhilishhno-kommunal'nom i sel'skom hozjajstve (*Fundamentals of obtainment and use of biofuels to address issues of energy saving and environmental protection in housing and utility services and agriculture: the manual*). Volgograd: VolgASA, 2003, p.100.
3. Yelistratov V.V., Kubyshev L.I., Maslikov V.I., Pokrovskaja E.R. Obosnovanie kompleksnykh jenergeticheskikh tehnologij na polygonah tverdykh bytovykh othodov (*Substantiation of complex energy technologies at municipal solid waste landfills*). Jenergeticheskaja politika. 2001. Iss.3, p.38-41.
4. Patent N RU2547869. Sposob konservacii i izoljacii tehnogennykh mestorozhdenij (*Method of preservation and isolation of anthropogenic deposits*). M.A.Pashkevich, Ju.D.Smirnov, T.A.Petrova et al. Date of publication: 10.04.2015, Bull. N 10.
5. Strebkov D.S., Kovalev A.A. Biogazovye ustanovki dlja obrabotki othodov zhivotnovodstva (*Biogas plants for processing animal waste*). Tehnika i oborudovanie dlja sela. 2006. N 11, p.28-30.
6. Eyerer P., Gettewert V. Properties of Plastics in Structural Components. Polymers – Opportunities and Risks I. Springer Verlag. 2010, p.47-165.
7. Hassanein A.A., Qiu L., Junting P., Yihong G., Witarsa F. Simulation and validation of a model for heating underground biogas digesters by solar energy. Ecological Engineering. 2015. Volume 82, p.336-344.
8. Li C., Champagne P., Anderson B.C. Enhanced biogas production from anaerobic co-digestion of municipal wastewater treatment sludge and fat, oil and grease (FOG) by a modified two-stage thermophilic digester system with selected thermo-chemical pre-treatment. Renewable Energy. 2015. Volume 83, p.474-482.
9. Palstra S.W., Rabou L.P.L., Meijer H.A.J. Radiocarbon-based determination of biogenic and fossil carbon partitioning in the production of synthetic natural gas. Fuel. 2015. Volume 157, p.177-182.
10. Sgroi F., Di Trapani A.M., Foderà M., Testa R., Tudisca S. Economic performance of biogas plants using giant reed silage biomass feedstock. Ecological Engineering. 2015. Volume 81, p.481-487.

CONSERVATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS FOR LANDFILL GAS UTILIZATION

M.A.PASHKEVICH, Dr. of Engineering Sciences, Professor, mpash@spmi.ru
T.A.PETROVA, PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, petrova9@yandex.ru
 National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia

The assessment of existing technologies for storage and utilization of domestic solid waste in Russia and other countries is conducted. The regions of landfill sites for household waste disposal are investigated. The results of field observations of the quality of air, surface water and groundwater are given. The method of effective isolation of a landfill surface using polymer materials is proposed. The technological process of landfill surface covering with the help of a self-propelled screening machine is described. This method allows organizing centralized biogas utilization from landfills, improves the environmental situation in the regions of their location, reduces air pollution and practically eliminates spontaneous combustion of waste.

Key words: waste management, municipal solid waste landfills, environmental monitoring, isolating screens, biogas.