

УДК 67.08:69.051/.55:528.48

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ И РЕЦИРКУЛЯЦИИ ФИЛЬТРАТА НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ

^{1,2}Серда Т.Г.

¹ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Пермь, e-mail: iums@dom.raid.ru;

²ФГБОУ ВО «Пермская государственная сельскохозяйственная академия», Пермь

В статье рассмотрены результаты проведенных исследований по проектированию системы обращения с фильтратом на объекте хранения твердых бытовых отходов (полигоне ТБО) в 4 км юго-восточнее с. Кетово, Кетовского района Курганской области с возможностью применения гидроботанического метода и рециркуляции фильтрата. Работа выполнялась в рамках научно-исследовательских работ ПГСХА, договор 15/13, и ПНИПУ, договор № 2013/379, а также лицензионного договора по патенту 2162059. В статье рассмотрены основные этапы проектирования системы обращения с фильтратом на проектируемом полигоне ТБО. Показана динамика образования фильтрата, и представлен прогноз изменения количества фильтрата на период эксплуатации полигона. Показаны сезонные изменения количества фильтрата при различных условиях в Курганской области. Расчеты выполнены в программе «Ecolog», позволяющей определять производительность локальных сооружений по обезвреживанию и рециркуляции фильтрата ТБО.

Ключевые слова: полигон твердых бытовых отходов (ТБО), фильтрат, рециркуляция

DESIGN OF LOCAL STRUCTURES FOR THE DISPOSAL AND RECYCLING OF FILTRATE WASTE STORAGE SITES

^{1,2}Sereda T.G.

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: iums@dom.raid.ru;

²Perm State Agricultural Academy, Perm

The article describes the results of studies on design management system with the filtrate to the object storage of municipal solid waste (landfill) in 4 km south-east from the Ket, Ketovsky District Kurgan region with the possibility of applying the method hydro botanical and recycling filtrate. The work was performed as part of research projects PGSKHA Treaty 15/13 and PNIPU contract number 2013/379, as well as a license agreement on the patent 2162059. In the article the basic stages of the design management system with the filtrate to a projected landfill. It is shown that the dynamics of the formation of the filtrate and submitted to forecast changes in the amount of leachate for a period of landfill operation. The seasonal changes in the number of the filtrate under different conditions in the Kurgan region. Calculations are made in «Ecolog» program, which allows to determine the performance of local facilities for clearance and recycling of solid waste leachate.

Keywords: landfill of municipal solid waste (MSW), a filtrate, recycling

В малых поселениях возникает проблема утилизации образующихся бытовых отходов от населения, которые должны депонироваться на специальных санитарных сооружениях – полигонах ТБО. Отличительной особенностью таких объектов является его сравнительно небольшая площадь, которая проектируется исходя из численности населения, прогнозируемого роста увеличения ТБО и предполагаемого срока эксплуатации (как правило, 15–20 лет). Основной проблемой при создании подобных объектов является образование стоков ТБО (фильтрата и поверхностного стока), которые необходимо собирать и подвергать очистке. Под фильтратом понимают отжимную воду, возникающую за счет водоотдачи ТБО под действием давления отходов, а также за счет проникновения воды, осадков, ливневых и талых вод.

Важной задачей является выполнение прогнозных моделей по количеству образующегося фильтрата и планированию очистных сооружений стоков ТБО. Состав стоков ТБО формируется под влиянием различных факторов, которые, в свою очередь, влияют на состав стоков ТБО, содержат высокие концентрации органических и неорганических веществ, включая сообщества микроорганизмов.

Состав и концентрация неорганических и органических загрязнений, находящихся в фильтрате, определяются химическим составом складированных отходов, процессами анаэробного и аэробного разложения, происходящими в толще отходов, проницаемостью слоя отходов, интенсивностью атмосферных осадков, температурой и т.д. Источником загрязнения фильтрата являются в основном продукты разложения пищевых отходов и окисления металлов. В сравнительно те-

плом и влажном климате изменения объемов образования фильтрата напрямую связаны с выпадением осадков. В более холодном климате, где большая часть осадков выпадает в виде снега, происходит задержка увеличения объемов фильтрата после осадков.

Объект и методы исследований. Объект исследования представлял собой отведенный земельный участок под строительство полигона ТБО, находящийся в 500 м в восточном направлении от садов УВД, в 500 м в северно-западном направлении от садов ЖБИ-2, в 500 м в северно-западном направлении от садов «Кургандорстрой» (рис. 1).

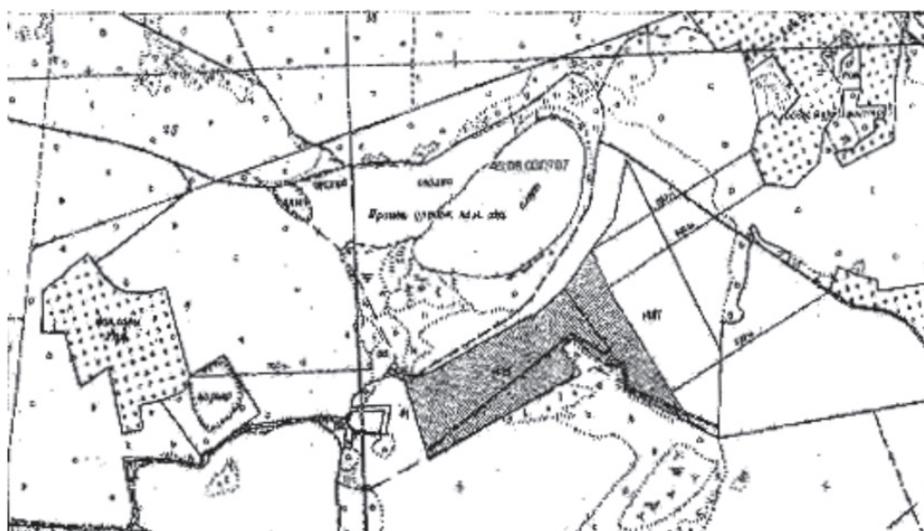


Рис. 1. Схема расположения земельного участка

Участок складирования ТБО, участок захоронения отходов (УЗО) занимает основную площадь полигона и разбит на две очереди эксплуатации. На участках близких к квадрату (рис. 2), располагаются две очереди эксплуатации проектируемого полигона ТБО, каждая из которых будет составлять в среднем 1,4–1,5 Га. Расчеты показали, что площадь под очистные сооружения на данном объекте составляет соответственно 550 м² и 910,2 м². Задачей первого этапа являлся уточненный расчет площадей накопительных прудов и очистных сооружений, с внесением рекомендаций по размещению и площадям прудов-усреднителей.

Детализированные задачи и основное содержание научно-исследовательской работы по разработке технологии обращения с фильтратом на I этапе исследования:

1. Провести теоретические изыскания о количестве и качестве стоков, образующихся на полигонах ТБО в условиях Курганской обл.

2. Выполнить расчёт количества образующегося фильтрата и прогнозный состав фильтрата по годам на проектируемом полигоне ТБО.

3. Выполнить расчёт нагрузки на очистные сооружения и производительность.

В ходе НИР были охарактеризованы возможные воздействия объектов на окружающую среду, проведен анализ компонентов природной среды: климатических, гидрографических, гидрогеологических и геолого-геоморфологических условий, почв, растительного и животного мира и опасных техногенных процессов.

Для характеристики современного экологического состояния природных сред проводился анализ ранее выполненных геоэкологических опробований и химико-аналитических исследований атмосферного воздуха, грунтовых вод и почв.

В ходе работ использованы топографические и тематические картографические материалы, литературные и фондовые источники информации, интернет-ресурсы, результаты натурного обследования территории, лабораторные исследования. Расчётные работы были выполнены с использованием программных комплексов АРМ ТБО (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2009612494. Программный комплекс «Управление жизненным циклом полигона твердых бытовых отходов (АРМ ТБО)». – ФИПС, 2009) [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Проект предусматривает, что участок захоронения отходов (УЗО) проектируемо-

го полигона будет разбит на секции УЗО, каждая из которых планируется в среднем на 5–7 лет и будет заполняться отходами по определённой технологии. После 2–3 лет эксплуатации секция перекрывается слоем грунта и заполняется следующая секция. За этот период отходы первой секции при увлажнении отходов, например, используя технологию рециркуляции, будут оседать (опыт показывает, в среднем на 1,5–2 м в год) [6], и 1 секция заполняется отходами, а затем перекрывается окончательным слоем грунта. В период промежуточной и окончательной изоляции секции объём фильтрата значительно понизится, но увеличивается количество поверхностного стока (см. программу «Ecolog» [3]). Аналогично проводят расчеты с последующими секциями полигона.

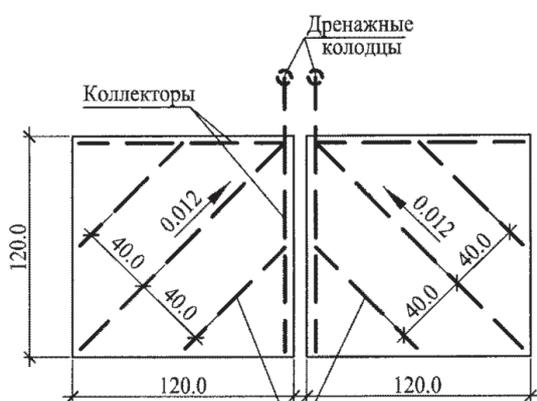


Рис. 2. План участка складирования полигона и схема компоновки дренажной сети в котлованах I, II очереди

На количество образующегося фильтрата будет влиять количество атмосферных осадков. Исследуемая территория Курганской области характеризуется климатогеографическими условиями и, в частности, умеренно-континентальным климатом, для которого характерна малоснежная холодная зима и короткое, но жаркое лето. Среднегодовое количество атмосферных осадков составляет 381 мм. Формирование климата и условия теплообмена зависят от радиационных факторов: солнечного сияния, суммарной и поглощенной радиации, эффективного излучения, радиационного и теплового баланса. Число часов солнечного сияния в Курганской области составляет 2150 в год. Этот показатель изменяется довольно значительно в течение года, минимальный он в декабре. Радиационный баланс составляет 90 ккал/см² в год, наибольшие значения приходятся на период с апреля по август.

В работе представлены предполагаемый размер, тип перекрытия секций полигона и динамика образования фильтрата, а также динамика образования фильтрата в зависимости от размера и типа перекрытий секций. При проектировании очистных сооружений фильтрата основную трудность представляет прогнозирование объема, качества фильтрата и изменений, происходящих с «возрастом» полигона ТБО. Однако планирование очистных сооружений фильтрата необходимо одновременно с проектированием полигона. В связи с этим необходимо знать темпы роста полигона, так как количество образующегося фильтрата напрямую связано с площадью полигона ТБО и типом отходов.

Очистные сооружения фильтрата должны быть спроектированы таким образом, чтобы процессы биодеструкции органических веществ протекали наиболее полно. Поэтому предлагается внедрение технологии рециркуляции фильтрата и мероприятий по обеспечению безопасности объекта для окружающей среды.

Каждая секция проектируемого полигона ТБО будет рассчитана по заполнению на 6–7 лет и заполняться отходами в соответствии с планировкой будущей территории с окончательным перекрытием слоем грунта перед началом заполнения новой секции полигона. Проведённые расчёты по проектируемому полигону ТБО показали, что среднее количество фильтрата при эксплуатации 1 секции в начальный период составит 1440–1660 м³/год, а при вводе 2 секции УЗО (работе 2 секций УЗО одновременно) и переходе фильтрата полигона в «старый» [4] (спустя 8–10 лет) это количество будет достигать 3500–4000 м³/год.

Важной характеристикой является также поверхностный сток, который согласно уравнению водного баланса фактически исключается из расчётов. На реальном полигоне ТБО весь поверхностный сток будет улавливаться нагорными канавами, а затем будет направляться в пруды-накопители, и тем самым поверхностный сток влияет как на ёмкость прудов-накопителей, так и на состав фильтрата (за счёт разбавления).

В первые годы эксплуатации полигона фильтрат фактически образовываться не будет и накопление стоков ТБО на полигоне будет идти за счёт атмосферных осадков и поверхностного стока. Данные стоки будут содержать невысокие концентрации загрязняющих веществ и по составу будут фактически идентичны поверхностным водам. Поэтому первые 2–3 года рециркуляцию данных стоков можно будет осуществлять без реагентной обработки. В этот

период необходимо осуществлять строительство очистных сооружений фильтра. По мере роста полигона ТБО будет возрастать количество фильтрата и в предрекультивационный период достигнет максимума, а затем стабилизируется. Это количество

стоков предлагается очищать с использованием гидроботанического метода [4] и патентов [1, 2]. На рис. 3 представлена динамика ожидаемого количества фильтрата и поверхностного стока на проектируемом полигоне.

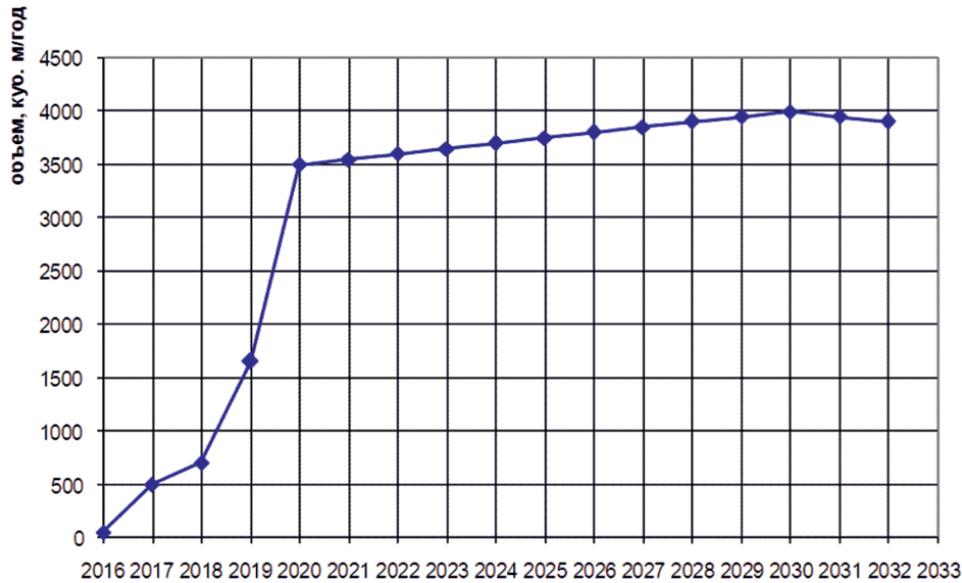


Рис. 3. Динамика прогноза образования фильтрата и поверхностного стока на проектируемом полигоне ТБО

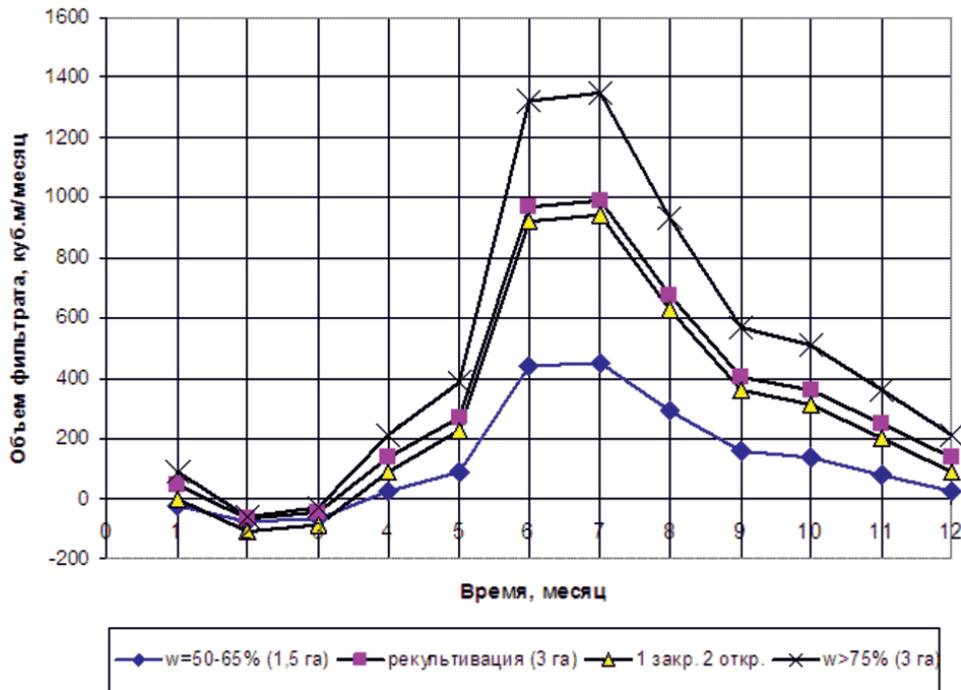


Рис. 4. Изменение количества фильтрата $Q_{\text{ф}}$ в условиях Курганской обл. с секций УЗО полигона ТБО

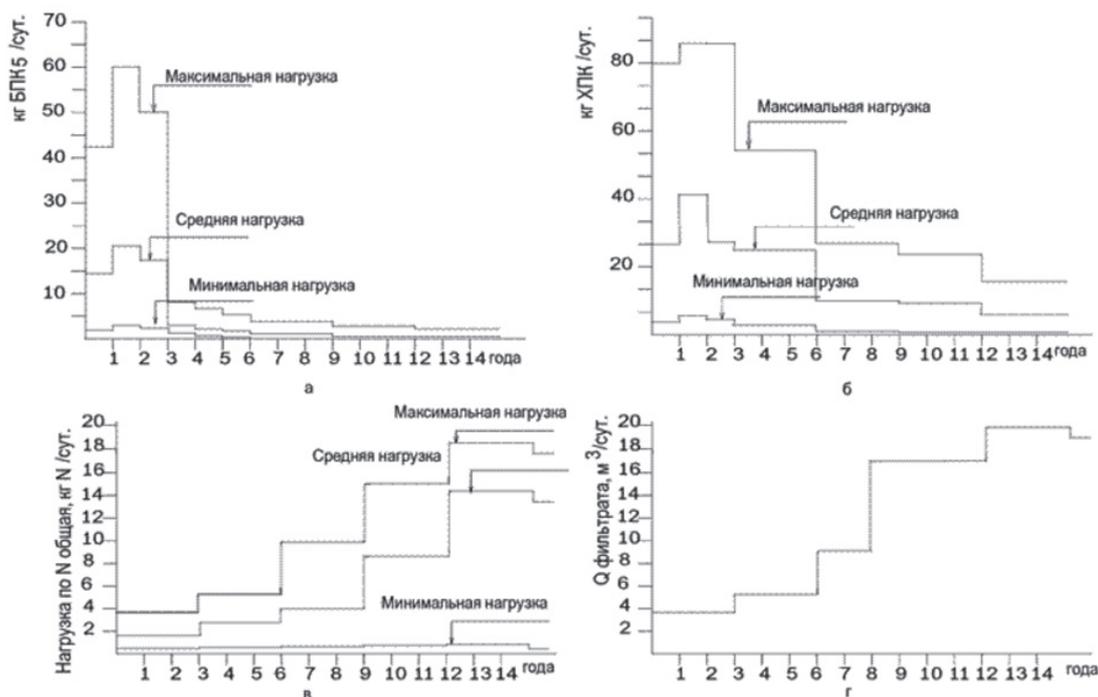


Рис. 5. Расчет нагрузки очистных сооружений фильтрата по годам при проведении ранней рециркуляции на рабочей секции проектируемого полигона ТБО

Практика показывает, что производительность очистных сооружений составляет в среднем 30% от общего годового количества фильтрата [5]. Из рис. 4 видно, что средняя производительность очистного оборудования должна быть рассчитана на 10 м³/сут., а в период максимального образования фильтрата – около 15 м³/сут. Поэтому с учетом возможного увеличения объема фильтрата примем максимальный поток фильтрата 20 м³/сут. Расчеты выполнены по программе «Ecolog» [3] исходя из месячных значений атмосферных осадков, значений по влажности отходов, площади объекта (секции) и типа покрытия поверхности эксплуатируемой (рекультивированной) секции проектируемого полигона ТБО.

Исходя из полученных результатов представлены графические зависимости (рис. 4).

В работе показано, что в связи с низкими температурами локальные сооружения обезвреживания фильтрата в период ноябрь – февраль функционировать не будут вследствие незначительного выделения фильтрата. Для сбора этого фильтрата предлагается использовать пруд-накопитель (резервуар-усреднитель). В засушливое лето может наблюдаться уменьшение фильтрата за счет испарения, что будет снижать как активность микроорганизмов, так и процессы биодеструкции отходов, а также это будет

способствовать пожароопасности объекта. Поэтому стоки, накопившиеся в пруде-усреднителе, необходимо периодически рециркулировать через массив ТБО.

Допускается спуск очищенного фильтрата в направлении существующего пруда-накопителя жидких отходов (см. рис. 1) в осенние месяцы или в период «большой» воды (весна – осень). Объем стоков ТБО может изменяться до ±50% в зависимости от сезона. Среднее количество фильтрата, образующегося на УЗО полигона ТБО площадью 3 га, по расчетам, составит около 2–3 тыс. м³/год, (max до 4 тыс. м³/год). Тогда годовой объем накапливаемого фильтрата в накопительных прудах-усреднителях с учетом остановки очистных сооружений в зимний период составит на проектируемом полигоне 0,75 тыс. м³/год (max 1,2 тыс. м³/год).

На основе рассчитанного количества фильтрата по сезонам (см. рис. 5) рассчитана нагрузка на очистные сооружения. При введении (открытии) двух секций в эксплуатацию качество фильтрата будет существенно меняться. Нагрузка по ХПК, в целом будет на 40% выше нагрузки по BPK₅ в период кислотной стадии, в период промежуточной стадии выше в 5 раз и в период метановой стадии будет больше примерно в 10 раз. Нагрузка по азоту оценивается пропорционально гидравлической нагрузке, при этом

содержание $N_{\text{общ}}$ будет практически постоянным в течение как минимум первых 10 лет эксплуатации полигона и будет достигать 1000 мг/л. Ожидаемая нагрузка по азоту на основе расчетной гидравлической нагрузки $N-NH_4$ составляет 90% от $N_{\text{общ}}$.

Увеличение фильтрата на полигоне будет прямо пропорционально увеличению площади складирования отходов и введению в строй новых секций. При эксплуатации секции полигона показатель БПК₅ (в среднем для молодого фильтрата БПК₅ = 1500 мг/л) будет со временем уменьшаться (до 200 мг/л) вследствие перехода процессов в метановую фазу и снижения органических загрязнений в фильтрате. Исходя из этих данных, рассчитана нагрузка по С ХПК, С БПК₅, С N в период ввода в эксплуатацию двух секций УЗО (рис. 5).

Изменения нагрузок по БПК₅ (кг БПК₅/сут.), по ХПК (кг ХПК/сут.), по азоту (кг N/сут.), в зависимости от количества Q_f и качества фильтрата при внедрении ранней рециркуляции фильтрата, показали, что при использовании технологии рециркуляции предварительно произвесткованного фильтрата в период кислотной стадии переход в метановую фазу произойдет уже через 2–3 года. Прямым следствием орошения полигона ТБО предварительно произвесткованным фильтратом является увеличение влажности и щелочности среды, что влияет на изменение других параметров (показателей ХПК, БПК, концентрации тяжелых металлов и др.).

Заключение

1. Исходя из полученных расчетов и прогнозных моделей, учитывая, что эксплуатация полигона будет производиться по 2 рабочим секциям, рассчитаны нагрузки в соответствии с изменениями, происходящими в химическом составе образующихся стоков ТБО.

2. Так как в условиях Курганской обл. в холодный период очистные сооружения функционировать не будут, предложено накопление фильтрата в течение шести месяцев (с октября по март) в буферной емкости

(накопительном пруде-усреднителе). В связи с этим на суточное количество фильтрата, подаваемого на очистные сооружения, будет влиять количество образующихся в эти сутки стоков и количество фильтрата, накопленного в пруде-усреднителе.

3. Показано, что в первые годы эксплуатации полигона (2–5 лет) весь дренажный фильтрат будет находиться в кислотной стадии и иметь высокие нагрузки по БПК₅, ХПК, аммонийному азоту, концентрациям тяжелых металлов. В последующие 5 лет будет введена в строй вторая рабочая секция полигона, при этом фильтрат из первой секции будет представлять собой «средний» фильтрат, а из двух других секций будут вытекать кислые стоки («молодой» фильтрат), поэтому предлагается комплексная очистка фильтрата, включающая авторские разработки, патенты и программные комплексы.

4. Предлагаемая технология с применением рециркуляции позволяет уменьшить «жизненный цикл» (кислотную стадию) полигона, снизить концентрации загрязняющих веществ в фильтрате и, таким образом, минимизировать ущерб окружающей среде, наносимый сбросом загрязненного органическими соединениями и тяжелыми металлами фильтрата.

Список литературы

1. Пат. № 2162059 RU. Способ очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов от тяжелых металлов / Т.Г. Серда, С.Н. Костарев, Л.В. Плахова.
2. Пат. № 2414314 RU. Способ очистки сточных вод рекультивированных полигонов твердых бытовых отходов / Серда Т.Г., Костарев С.Н., Михайлова М.А.
3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2009612494 / С.Н. Костарев, Т.Г. Серда, Р.А. Файзрахманов. Программный комплекс «Управление жизненным циклом полигона твердых бытовых отходов (АРМ ТБО)». – ФИПС, 2009.
4. Серда Т.Г. Обоснование технологических режимов функционирования искусственных экосистем хранения отходов: дис. ... докт. техн. наук: 03.00.16; МГУП. – М., 2006.
5. Экологически чистый полигон для захоронения ТБО г. Москвы // Агентство по охране окружающей среды Дании. – М., 1995. – 150 с.
6. Christensen T., Cossu R., Stegmann R. Landfilling of Waste, Leachate. – London and N.Y., 1992.