

УДК 502.3/7

Т.В. Воронкова, Я.И. ВайсманПермский национальный исследовательский
политехнический университет**С.Ю. Чудинов**

ООО «Буматика»

**РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ФИЛЬТРАТА НА ПОЛИГОНАХ
ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Рассмотрены процессы изменения качественных и количественных характеристик фильтрата при рециркуляции, а также влияние процесса рециркуляции на стабилизацию массива складированных отходов. Описано влияние повышенной влажности отходов на процессы метаногенеза и деструкции отходов. Предложено уравнение водного баланса участка захоронения отходов при рециркуляции фильтрата. Выделены особенности водного баланса участка захоронения отходов при рециркуляции фильтрата. Описана технологическая схема рециркуляции фильтрата на полигоне захоронения твердых бытовых отходов г. Краснокамска Пермского края. Представлены данные по снижению содержания органических веществ в фильтрате при рециркуляции фильтрата в первые годы эксплуатации полигона. Рассмотрены процессы образования зон насыщения и повышения уровня фильтрата в основании полигона, а также связанные с этими процессами риски боковой и вертикальной неконтролируемой фильтрации. Выделены основные преимущества и недостатки процесса рециркуляции фильтрата на полигонах захоронения твердых бытовых отходов.

Ключевые слова: полигон захоронения ТБО, фильтрат, рециркуляция.

Рециркуляция фильтрата на полигонах захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) является одним из механизмов управления эмиссиями загрязняющих веществ, а также инструментом воздействия на продолжительность жизненного цикла полигона.

Процессы, происходящие в массиве отходов при орошении его фильтратом, а также технологические параметры самой рециркуляции в настоящее время недостаточно изучены. Имеющиеся литературные данные и предварительные исследования позволили выдвинуть ряд предположений, сформулировать идеологию, а также разработать и применить технологию рециркуляции фильтрата на полигоне захоронения ТБО г. Краснокамска в Пермском крае.

Влажность отходов является одним из основных параметров, определяющих скорость и степень их разложения. Микроорганизмы могут усваивать необходимые им питательные вещества

только в виде водных растворов. Недостаточная влажность приводит к гибели микробов, так как останавливается обмен веществ между ними и окружающей средой. Вода выполняет роль транспорта, перемещает питательные вещества, распределяет микрофлору, разбавляет ингибиторы. В условиях высокой влажности при рН 4,5...6 и температуре 25 °С и выше наблюдается рост грибов, приводящих, в частности, к микробиологическому разрушению древесины, ее гидролизу, деполимеризации целлюлозы, образованию фурфурола и др. При содержании влаги в биоразлагаемых отходах менее 20 % активность анаэробных процессов значительно снижается. Таким образом, для процессов разложения отходов существует потребность в воде, а наличие системы рециркуляции фильтрата на полигоне делает возможным управление влажностью отходов при захоронении [1–3].

Процессы образования и выделения биогаза также происходят только во влажной среде. Расщепление органики на отдельные составляющие и превращение в метан может проходить лишь во влажной среде, поскольку бактерии могут перерабатывать только вещества в растворенном виде. Оптимальное для метаногенеза значение влажности составляет 55–80 %. Но на практике отходы защищают от воздействия влаги, чтобы уменьшить образование фильтрата. На городских свалках влагосодержание считается высоким, если составляет 30–40 %, низким – 15–20 % и нормальным – 25 %. Зависимость скорости образования биогаза от влажности отходов представлена на рис. 1. Таким образом, увлажнение отходов, в том числе и при рециркуляции фильтрата, является одним из эффективных инструментов управления метаногенезом, который позволяет интенсифицировать процессы газообразования.

Технологию рециркуляции на полигоне захоронения ТБО г. Краснокамска можно представить следующим образом. Фильтрат собирается дренажной системой, расположенной в основании полигона и самотеком поступает в систему прудов-усреднителей. Из прудов фильтрат насосом перекачивается на верхнюю площадку участка захоронения отходов. В качестве распылителя фильтрата используется перфорированная труба. Технологическая схема рециркуляции фильтрата на полигоне захоронения ТБО г. Краснокамска представлена на рис. 2 [1, 3].



Рис. 1. Зависимость образования биогаза от влажности

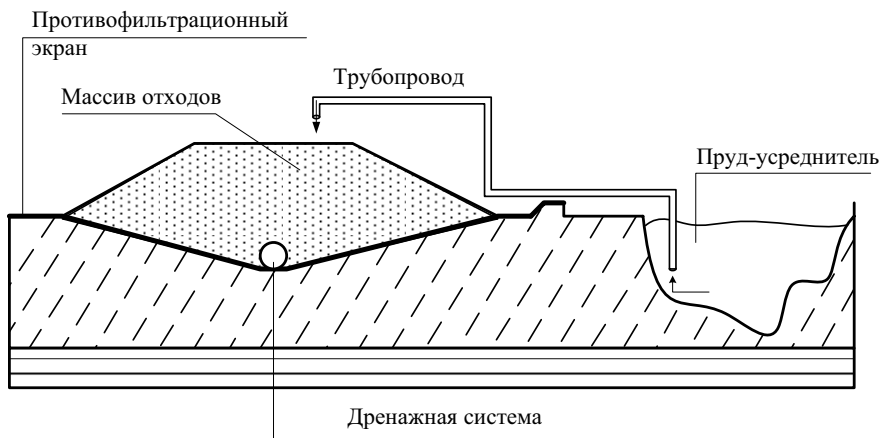


Рис. 2. Технологическая схема рециркуляции фильтрата на полигоне захоронения ТБО г. Краснокамск

При рециркуляции отходы будут поглощать влагу до достижения состояния полевой влагоемкости, после чего будут выделять влагу с той же скоростью, что и поглощать ее. Очевидно, что гниение и уплотнение отходов снижают полевую влагоемкость. В литературе встречаются данные полевой влагоемкости, варьирующие от 80 % для свежего мусора до 63–74 % для отходов, захороненных более 4 лет назад [5, 6]. Полевая влагоемкость зависит как от состава отходов, возраста отходов, степени разложения, так и от технологических параметров эксплуатации полигона.

В то же время выделение фильтрата на новых полигонах зачастую происходит раньше достижения отходами полевой влагоемкости. Это можно объяснить тем, что движение влаги через

массив отходов происходит не как фильтрация сквозь отходы, а как дренирование через пустоты, каналы, образующиеся естественным образом при эксплуатации полигона, т.е. фильтрат проходит через зоны с минимальной полевой влагоемкостью.

Положительный эффект от рециркуляции фильтрата заключается в следующем:

1) уменьшается количество фильтрата за счет увеличения испарения при распылении;

2) снижается содержание органических веществ в фильтрате, что позволяет отчасти снизить последующие затраты на очистку фильтрата;

3) ускоряются процессы разложения отходов.

Влияние рециркуляции на снижение содержания органических веществ в фильтрате описано в работах [4, 7–9].

Быстрое снижение концентрации органических веществ в фильтрате происходит только на тех полигонах, где рециркуляция проводилась с самого начала. Для мест с относительно влажным климатом рециркуляция будет приносить пользу только в первые годы работы полигона. При этом нестабилизированный фильтрат будет возвращаться в биологически активные отходы [4]. Если влажность отходов достигла состояния полевой влагоемкости и концентрация БПК в фильтрате низкая, то рециркуляция не окажет значительного влияния на качество фильтрата.

Это определяет целесообразность применения рециркуляции фильтрата на полигонах в начальной стадии жизненного цикла (молодых полигонах).

Содержание большого количества органических веществ в фильтрате свидетельствует о том, что процессы, происходящие в массиве отходов, еще не достигли стабильных условий образования метана. В различных случаях развитие метаногенной среды может быть затруднено из-за низких значений рН. При этом возврат фильтрата в массив отходов может стать ингибирующим фактором для дальнейшего образования метана. Это определяет необходимость контроля как изменений в составе фильтрата, так и процессов метанообразования таким образом, чтобы рециркулируемый фильтрат не подавлял метаногенез.

Очевидно, что для сухого климата рециркуляция является более эффективной с точки зрения улучшения деградации отходов и снижения количества образующегося фильтрата.

Анализ данных по изменению состава фильтрата на полигоне захоронения ТБО г. Краснокамска подтвердили значительное снижение ХПК, БПК уже в первые годы эксплуатации полигона (рис. 3). Такой фильтрат по своему органическому составу приближен к качеству фильтрата, выделяющегося со старого полигона.

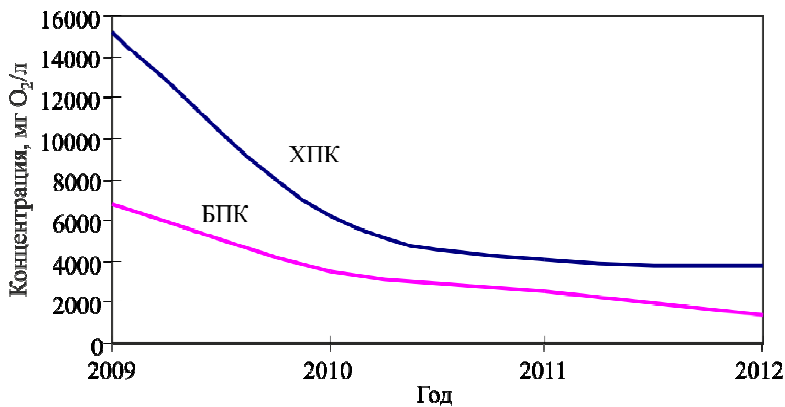


Рис. 3. Изменения ХПК, БПК в фильтрате при рециркуляции

Другим преимуществом рециркуляции является увеличение скорости разложения отходов, а следовательно, сокращение жизненного цикла полигона. Рециркуляция повышает содержание воды и способствует ее распространению в заскандированных отходах, что влияет на процессы их разложения. Разложение большинства компонентов отходов происходит при наличии в массиве достаточного количества влаги и питательных веществ. Увеличение содержания влаги в отходах при рециркуляции фильтрата влияет на процессы выщелачивания и на биохимические реакции, проходящие в массе отходов по сравнению с процессами, которые происходят в отходах на обычном полигоне, где влага поступает только с атмосферными осадками.

Рециркуляция приводит к сокращению объемов образования фильтрата за счет увеличения уровня испарения при распылении фильтрата на поверхности участка захоронения отходов.

Уравнение водного баланса полигона, на котором внедрена система рециркуляции фильтрата, может быть представлено следующим образом:

$$AO + P\Phi = PC + П\Phi + И + НЗ,$$

где АО – атмосферные осадки; РФ – рециркулируемый фильтрат; ПС – поверхностный сток; ПФ – возможные потери фильтрата за счет вертикальной фильтрации через основание полигона и перелива фильтрата через ограждающую дамбу в случае превышения уровня насыщенной зоны; И – испарение; НЗ – накопление фильтрата в насыщенной зоне.

Расчет водного баланса для полигона с системой рециркуляции фильтрата затруднен ввиду возникновения насыщенных слоев внутри массива отходов, так как возможно только приблизительно определить их толщину. Также затруднительно определить количество накопленной в отходах жидкости.

Теоретически объем фильтрата, оставшийся в насыщенной зоне внутри полигона, можно определить экспериментальным путем как разницу между ожидаемой величиной инфильтрации (суммарное поступление осадков и рециркулируемого фильтрата) и действительным (измеренным) объемом выделившегося фильтрата. Насыщенные зоны повышают уровень воды в отходах. Известно, что содержание влаги в отходах в зоне насыщения составляет 50 % от объема сухих отходов. В то же время содержание влаги в обычных почвах в состоянии насыщения составляет 40 об.% [4].

Для полигона с рециркуляцией фильтрата характерны следующие особенности водного баланса:

- 1) все отходы находятся в состоянии полевой влагоемкости;
- 2) в основании участка захоронения отходов имеется насыщенный слой.

При этом повышение уровня воды в основании полигона может носить периодический характер. Для упрощения схемы водного баланса необходимо принять допущение, что насыщенный слой располагается на всей площади полигона над гидроизоляционным экраном.

Также для повышения темпов испарения можно использовать насаждение деревьев на полигонах захоронения ТБО. В случае, когда растения поливаются фильтратом, уровень испарения с поверхности растений может превышать среднегодовое количество осадков, даже в климатических зонах с избытком влажности [4].

Влажность ТБО при рециркуляции фильтрата в массиве отходов соответствует полевой влагоемкости, т.е. фильтрат может беспрепятственно дренировать сквозь отходы. При этом скорость потока фильтрата увеличивается во времени. После достижения отходами полевой влагоемкости увеличивается скорость ответной реакции, выражающейся в увеличении скорости потока при увеличении объема осадков над рециркулируемым участком полигона.

При рециркуляции возможно некоторое горизонтальное движение жидкости из области с большей инфильтрацией в область с низкой инфильтрацией. При этом наибольшую опасность представляет перелив фильтрата через ограждающую дамбу, а также фильтрация через основание участка захоронения отходов при увеличении гидростатического давления на основание.

На полигонах, где внедрена рециркуляция фильтрата, необходимо проводить гидрологическую оценку местности и гидроизоляцию оснований и дамб, чтобы предупредить возможные горизонтальные утечки в зонах насыщения и чтобы предотвратить фильтрацию через основание полигона при повышении уровня фильтрата в основании.

Учитывая то, что климатическая зона, в которой расположен полигон захоронения ТБО г. Краснокамска, характеризуется превышением уровня осадков над уровнем испарения приблизительно в 1,5 раза, то количество выделяющегося на полигоне фильтрата имеет тенденцию к увеличению с течением времени. При этом скорость накопления фильтрата значительно снижена благодаря интенсификации процесса испарения при распылении фильтрата. Опыт внедрения рециркуляции фильтрата на полигоне захоронения ТБО г. Краснокамска показал, что подобные объекты первые несколько лет могут эксплуатироваться без сброса фильтрата.

Несмотря на очевидные преимущества рециркуляции, данный метод не может рассматриваться как общее решение проблемы образования фильтрата по следующим причинам:

- органическая фракция в фильтрате значительно уменьшается при рециркуляции, но другие составляющие фильтрата (соли, металлы) остаются на прежнем уровне;
- в условиях, когда количество осадков превышает уровень потенциального испарения, объем рециркулируемого фильтрата будет постоянно увеличиваться, что в конечном итоге приведет к необходимости очистки фильтрата.

Выводы:

1. Одним из преимуществ рециркуляции является получение фильтрата с более низким содержанием органических веществ за сравнительно короткий период времени.

2. Рециркуляция фильтрата приводит к более быстрому разложению отходов, а следовательно, интенсифицирует процессы стабилизации полигона. Процессы, идущие внутри массива отходов при рециркуляции, снижают количество органического углерода.

3. Рециркуляция фильтрата в массиве полигона захоронения ТБО способствует развитию метаногенеза на начальном этапе эксплуатации полигона.

4. При рециркуляции сокращается общий объем образования фильтрата за счет его испарения при распылении на поверхности полигона, что позволяет существенно сократить затраты на эксплуатацию полигона.

Библиографический список

1. Вайсман Я.И., Коротаев В.Н., Петров В.Ю. Управление отходами. Захоронение твердых бытовых отходов: учеб. пособие / Перм. гос. техн.ун-т. – Пермь, 2001. – 133 с.

2. Heyer K.-U., Hupe K., Stegmann R. Aeration of old landfills as an innovative method of process enhancement and remediation // 7 International waste management and landfill symposium. – Sardinia, 1999. – Vol. IV. – P. 563–573.

3. Вайсман Я.И., Вайсман О.Я., Максимова С.В. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2003. – 232 с.

4. Barber C., Maris P.J. Leachate Recirculation: Full-Scale Experience // Landfilling of waste: leachate. Academic Press. – London, 1990. – P. 381–401.
5. Campbell D.J.V. Understanding water balance in landfill sites // Waste management. – 1983. – November. – P. 594–605.
6. Holmes R. The water balance method for estimating leachate production from landfill sites // Solid wastes. – 1980. – LXX (1). – P. 20–33.
7. Andreotytola G. Chemical and Biological Characteristics of Landfill Leachate // Landfilling of waste: leachate / Academic Press. – London, 1990. – P. 65–88.
8. Baccini P., Henseler G., Belevi H. Water and element balances of municipal solid waste landfills Waste Management Research. – 1987. – Vol. 5. – P. 483–499.
9. Christensen T., Kjeldsen P. Basic biochemical processes in landfills // Sanitary Landfilling: Process, Technology and environmental impact / ed. T. Christensen, R. Cossu, R. Stiegmann; Academic Press. – London, 1989. – 220 p.
10. Burton S.A. Q., Watson-Craik I.A. Accelerated landfill refuse decomposition by recirculation of nitrified leachate // 7 International waste management and landfill symposium. – Sardinia, 1999. – Vol. II. – P. 119–126.

Получено 27.06.2012

T. Voronkova, Y. Vaisman, S. Chudinov

LEACHATE RECIRCULATION

Processes of leachate recirculation, leachate quality and quantity modification, processes of solid wastes degradation and stabilization in the landfill obtained by leachate recycle are considered in the article. Water balance model for landfill with leachate recirculation system is presented. It is described the flowsheet of leachate recirculation on the Krasnokamsk city landfill. It is showed that a major benefit of leachate recirculation is the production of a leachate with low organic substance concentration in a relatively short period of time. These leachates were similar in their organic composition to liquids produced by aged wastes. The solid wastes are also degrade and stabilize more rapidly due to the increased moisture content in the landfill obtained by leachate recycle. Reducing the volume and organic strength of leachate by recycle could benefit landfill site operation by reducing costs of further treatment.

Keywords: landfill, leachate, recirculation.