

**Information about the authors**

**Sevryugina Nadezhda Valerjevna**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical maintenance of technological machinery and equipment of environmental engineering FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya, 44; e-mail: sevryugina@rgau-msa.ru

**Apatenko Alexej Sergeevich**, doctor of technical sciences, head of the department of technical maintenance of technological machinery and equipment of environmental engineering FSBEI HE RSAU-MAA

named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, B. Academicheskaya; e-mail: a.apatenko@rgau-msa.ru

**Voitovich Elena Valerjevna**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of heat and gas supply and ventilation NIU MGSU; 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26; senior researcher, FGBU NIISF RAASH; 127238, Moscow, Lokomotivny proezd, 21; e-mail: e.voitovich@mail.ru

**Voitovich Ekaterina Valerievna**, economist, ООО «UK» Blagostroy-S», 308031, Belgorod, prospect Yunosti, 7; e-mail: e.voitovich@yandex.ru

УДК 502/504: 628.396

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-54-59

**И.А. СОЛОМИН**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## **СИСТЕМЫ УДАЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ФИЛЬТРАТА НА ПОЛИГОНАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ТКО**

*Любое свалочное образование является техногенным элементом геологической среды, а также источником образования фильтрата и биогаза – основных факторов эмиссии загрязняющих веществ в компоненты природной среды. Одним из основных природоохранных требований при строительстве полигона захоронения твердых коммунальных отходов (ТКО) является требование полного обеспечения сохранности качества грунтовых и поверхностные вод, так как они являются основными природными ресурсами, имеющими как экономическую, так и экологическую ценность. Поэтому проектные решения по строительству полигона ТКО должны обеспечивать предотвращение экологического риска со стороны строящегося и эксплуатируемого объекта на компоненты природной среды. Отходы на полигоне подвергаются процессам разложения. Во время этого процесса как органические продукты, так и неорганические растворимые соединения переходят в раствор. Фильтрат, образующийся в теле полигона, представляет особую опасность для окружающей среды, т.к. является токсичным раствором с минерализацией до нескольких десятков грамм на 1 л, содержанием ионов аммония, хлора и других макрокомпонентов до нескольких грамм на 1 л, высокими концентрациями тяжелых металлов (цинк, свинец, никель, хром, кадмий и др.) и органических соединений. Фактором отрицательного воздействия фильтрата, образованного в свалочном теле, на компоненты природной среды является его эмиссия в грунтовые и в последующем в поверхностные воды. На территории средней полосы РФ каждый гектар, занятый под складирование ТКО, дает ежегодно около 1000 м<sup>3</sup> высококонцентрированного фильтрата, содержащего токсичные загрязняющие вещества в 100 и более раз превышающие нормы ПДК. Отсутствие систем сбора, отведения и очистки фильтрата способствует быстрому загрязнению всех компонентов окружающей среды.*

*Твердые коммунальные отходы, полигон захоронения отходов, фильтрат, сбор, удаление и обезвреживание фильтрата.*

**Введение.** Состав и количество образующегося фильтрата зависят от этапа жизненного цикла полигона и могут быть

различными для разных полигонов ТКО [1]. Органические вещества, содержащиеся в фильтрате, образуются в результате

процессов распада органических фракций отходов. Количество содержания органических соединений в фильтрате обычно характеризуется: биохимической потребностью в кислороде (БПК), химической потребностью в кислороде (ХПК), содержанием общего органического углерода (ТОС).

Химические характеристики фильтрата зависят не только от состава отходов, но также от возраста полигона. Так, биологическая потребность в кислороде фильтрата снижается со временем, что является следствием того, что биоразлагаемые материалы на полигоне достигают стабильного состояния (рис. 1).

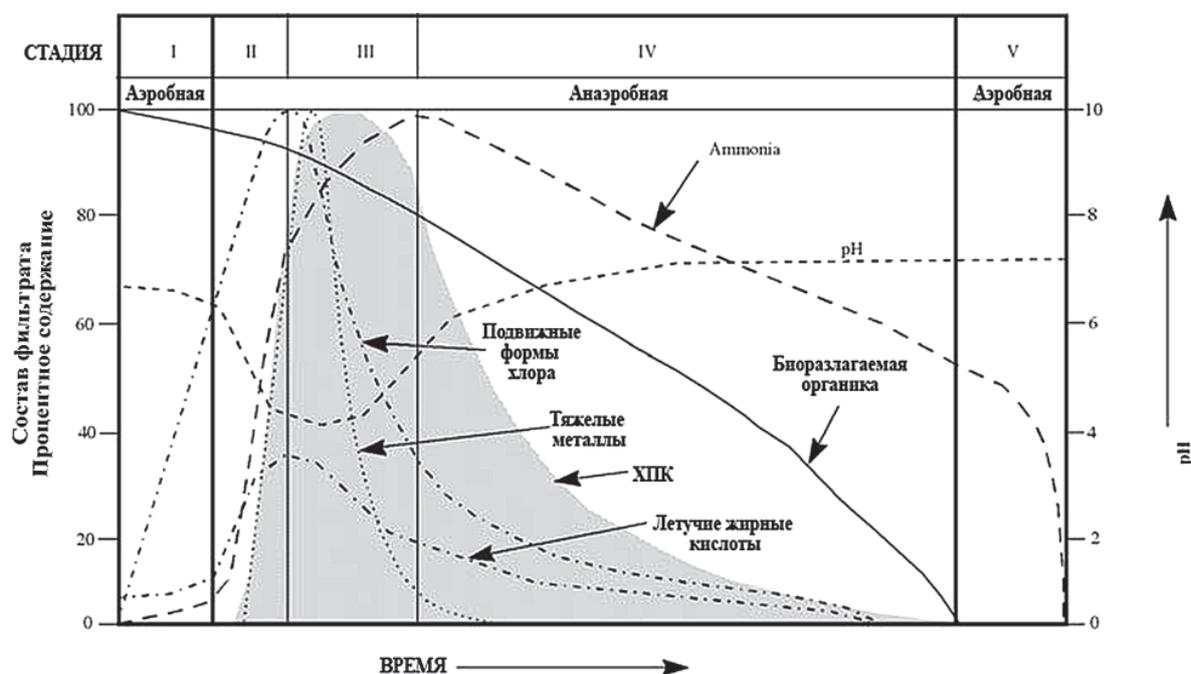


Рис. 1. Изменения состава фильтрата во времени

Вода является основным компонентом жидкой фазы на полигоне. Максимальные объемы фильтрата образуются на абсолютно заполненном полигоне перед рекультивацией [2]. Количество фильтрата, способного образоваться в теле полигона, можно прогнозировать путем составления уравнения водного баланса. Для этого необходимо подсчитать количество влаги, попадающей на полигон и вытекающей из него, а также количество жидкости, накапливающейся в системе [3]. Существуют различные методики расчета количества фильтрата. Наиболее распространенными являются методики, основанные на составлении водного баланса полигона ТКО [4, 5].

**Материал и методы.** Система сбора фильтрата также решает задачу и по его отведению. Система сбора фильтрата в основании котлованов состоит из следующих элементов: спланированное дно котлована с уклоном к нижней точке сбора фильтрата, нижний противофильтрационный экран; система дренажных труб с обсыпкой в виде обратного фильтра; дренажные колодцы, устьевая труба и приемный колодец.

Главная цель дренажной системы – сбор фильтрат и вывод его за пределы полигона. Параметры дренажной системы зависят от климатических условий, топографии площадки, порядка эксплуатации и ожидаемого количества фильтрата. Конструкция дренажной системы должна быть совместима с контуром дна полигона и противофильтрационным экраном. Засорение системы должно быть исключено.

Дренажная система выполняет две ключевых функции:

- направляет поток образующегося фильтрата к коллектору;
- защищает конструктивные элементы противофильтрационного экрана от повреждений отходами, расположенными непосредственно над экраном, и от воздействия тяжелой техники и оборудования, работающего при доставке, укладке и уплотнении ТКО.

Наиболее простая система дрен состоит из системы труб (первичных дрен) и пластового дренажа, выполненного в виде слоя дренажного гравия или гальки с уклоном не менее 2% (0,02) в сторону первичных дрен (рис. 2).

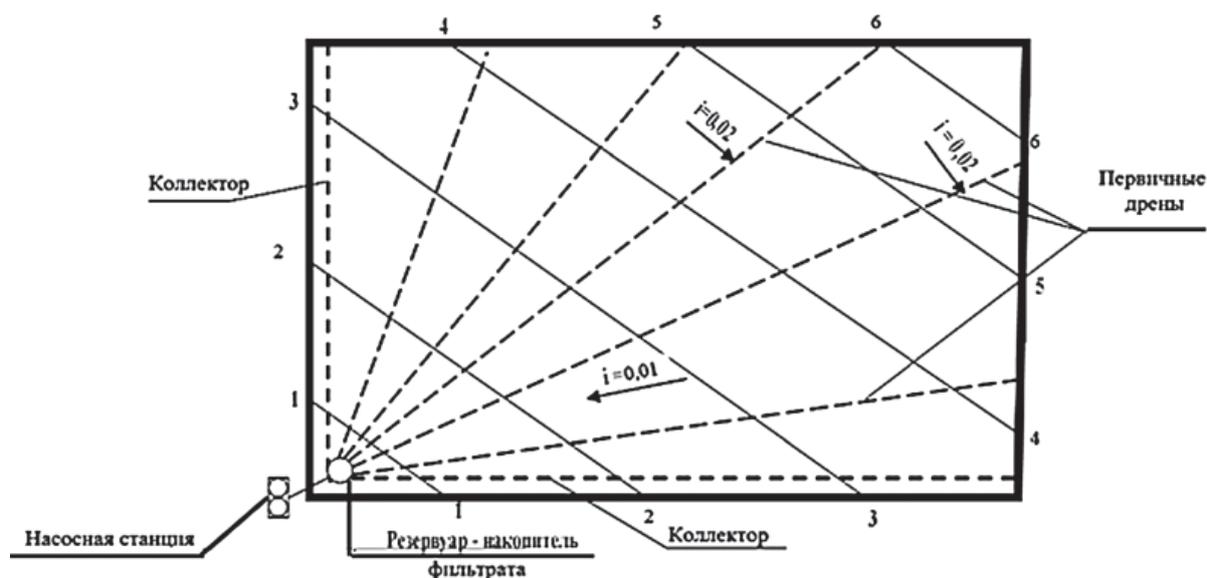


Рис. 2. Конструкция дренажной системы, состоящей из первичных дрен и пластового дренажа первой очереди эксплуатации полигона:

1-1.....6-6 – горизонталь поверхности противодиффузионного экрана

Первичные дрены выполняются из перфорированных полиэтиленовых труб высокого давления. Оптимальным расстоянием между первичными дренами считается расстояние от 50 до 70 м. Основными предъявляемыми требованиями к дренажным трубам, используемым для сбора и отвода фильтрата, является обеспечение химической устойчивости к агрессивному воздействию фильтра. Также используемые трубы должны соответствовать прочностным характеристикам для обеспечения конструктивной устойчивости при высоких нагрузках, создаваемых работающей на полигоне техникой и массой отходов, располагаемых над дренажной системой. Эксплуатацией дренажной системы предусмотрено проведение профилактических осмотров. При этом должен быть обеспечен свободный доступ к любой части системы сбора фильтрата. Для очистки системы предусматривается устройство очистных люков, обеспечивающих доступ к любому участку коллектора.

Фильтрат, который собирается дренажной системой, должен поступать и накапливаться в специальной емкости (приемном колодце), расположенном в наиболее низком по рельефу местности на территории полигона. Емкость приемного колодца рассчитывается на объем фильтрата, образующегося в течение 1-3 суток для пикового периода. Собираемый в приемном колодце фильтрат в дальнейшем направляется на обезвреживание.

Для удаления фильтрата из тела полигона в основном применяют два варианта.

В первом варианте коллекторные трубы прокладывают вдоль боковых откосов в котловане полигона и затем по приемной трубе фильтрат самотеком поступает в приемный колодец. При этом система труб должна быть тщательно изготовлена и смонтирована таким образом, чтобы составлять единое целое с противодиффузионным экраном. Во втором варианте фильтрат удаляется через наклонные нагнетательные трубы, находящиеся в теле полигона.

Процесс выбора метода и технологии обезвреживания фильтрата, образующегося на полигоне ТКО, является наиболее ответственным этапом при принятии проектных решений.

Для краткосрочных проектов целесообразно рассмотреть возможность использования мобильных установок и оборудования, которое могут легко быть преобразованы из одной конфигурации в другую. С другой стороны, стационарные очистные сооружения могут быть экономически оправданы при длительном сроке их эксплуатации.

Традиционный метод, используемый для выбора оптимального метода обработки, заключается в сравнении эффективности технологий и приведенных затрат по каждому из рассматриваемых методов. Обычно выбирается вариант, который наиболее соответствует целям обезвреживания и имеет самые низкие приведенные затраты. Однако при принятии окончательных проектных решений необходимо учитывать предполагаемые изменения, которые могут произойти течение всего срока реализации проекта.

Например, эффективность некоторых процессов, таких как биологическая обработка, может снижаться по мере того, как концентрация загрязняющих веществ в фильтрате начинает снижаться.

Существует несколько способов удаления и обезвреживания фильтрата:

1. перекачка фильтрата со свалок в канализационные сети;
2. откачка фильтрата автоцистернами и слив в очистные сооружения для сточных вод за пределами полигона;
3. испарение (естественное или индуцированное);
4. рециркуляция или повторное использование фильтрата;

**Результаты и обсуждение.** В случае, если ни один из четырех перечисленных выше альтернативных методов не может с полной гарантией обеспечить полного и экологически безопасного обезвреживания фильтрата, необходимо применять комбинированные технологии обеззараживания фильтрата на месте.

При проектировании полигона захоронения ТКО проектировщик должен предусмотреть гибкость проектных решений и обеспечение полной экологической безопасности для природной среды при строительстве и эксплуатации полигона. На рисунке 3 приведена схема процесса проектирования процесса сбора, удаления и обезвреживания фильтрата полигона.

Комбинированные процессы обезвреживания фильтрата включают биологические, физические и химические этапы. Очень важно, чтобы установки для очистки фильтрата проектировались с использованием технологий, применяемых при проектировании систем очистки производственных сточных вод.

Типовая схема обеззараживания фильтрата состоит из трех стадий очистки:

- предварительная обработка;
- биологическая очистка;
- физико-химическая очистка.

На предварительной стадии происходит отделение и удаление крупных загрязнений органического и минерального происхождения (скрининг), осаждение и регулирование pH.

Биологическая очистка предназначена, главным образом, для понижения БПК, ХПК и содержания некоторых питательных веществ. Распространенные способы биологической очистки включают пруды-окислители, установки аэрации и активированный ил. Первая и последняя стадии

могут включать ряд процедур, направленных на устранение запаха, взвешенных частиц, тяжелых металлов и остаточной ХПК.



Рис. 3. Схема процесса проектирования системы обезвреживания фильтрата

Процессы, используемые на стадии физико-химической очистки, включают осаждение, окисление озоном, фильтрацию через песок, флокуляцию и другие. Широкое применение в процессах обезвреживания фильтрата нашел себя и метод ультрафильтрации [6].

### Выводы

Влияние свалок на компоненты окружающей среды проявляется в разной степени в зависимости от геологических, гидрогеологических и ландшафтных условий. Исследованиями определено, что почвогрунты и растительность и поверхностные воды вблизи объектов захоронения подвержены загрязнению на расстоянии от 0,5 до 1,5 км от границы свалки.

При проектировании системы сбора, удаления и обезвреживания фильтрата необходимо учитывать множество факторов. Например, объемы и характеристики фильтрата зависят от количества отходов и возраста полигона, а также от климатических условий и геологии участка. Объёмы образования и свойства фильтрата могут варьировать в течение времени. Так образование органических кислот обычно увеличивается в первые годы, а затем

уменьшается по мере увеличения возраста полигона. Сбор, удаление и очистка фильтрата будет необходима как в течение периода эксплуатации полигона, так и в течение многих пост эксплуатационных лет, возможно, десятилетий, после закрытия объекта.

Проектировщик должен учитывать все компоненты окружающей среды, на которые может быть оказано значительное воздействие в течение всего срока эксплуатации полигона. Выбранная конструкция окажет существенное влияние на эксплуатацию, рекультивацию и последующий контроль за закрытым объектом.

### Библиографический список

1. Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах / Д.М. Ерошина, В.В. Ходин, В.С. Зубрицкий и др. – Мн.: РУП «БелНИЦ «Экология», 2010-152 с.

2. **Вострецов С.П.** Влияние плотности укладки ТБО на образование фильтрата/ Мат-лы V Междунар.конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков: 2008. – С. 187-190.

3. **Соломин И.А.** Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию: Полигоны захоронения твердых коммунальных отходов. – Электрон. текстовые дан. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016-77 с. – Коллекция:

Учебная и учебно–методическая литература. – Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/local/706.pdf>. – Загл. с титул. экрана. – Электрон. версия печ. публикации. <URL: <http://elib.timacad.ru/dl/local/706.pdf>>.

4. Управление отходами. Полигоны захоронения твердых бытовых отходов / Я.И. Вайсман [и др.]. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007 – 463 с.

5. **Беспалов В.И., Адамян Р.Г.** Анализ условий образования фильтрата на полигонах по захоронению твердых отходов потребления / VQI Междунар. научно–практ. конф. «Новости передовой науки». – Прага: 2013. – С. 82-85.

6. **Глушанкова И.С.** Очистка фильтратных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов на различных этапах жизненного цикла: диссертация ... доктора технических наук: 05.23.04. – Пермь, 2004. – 331 с.

Материал поступил в редакцию 23.05.2020 г.

### Сведения об авторе

**Соломин Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры организации и технологии строительства объектов природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44; e-mail: garik13solomin@yandex.ru

### I.A. SOLOMIN

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

## SYSTEMS FOR FILTRATE REMOVING AND PROCESSING ON MSW LANDFILLS

*Any landfill formation is a man-made element of the geological environment, as well as a source of formation of filtrate and biogas – the main factors of emission of pollutants into the components of the natural environment. One of the main environmental requirements for the construction of a landfill for solid municipal waste (MSW) is the requirement to fully ensure the safety of the quality of ground and surface water, since they are the main natural resources that have both economic and environmental value. Therefore, design solutions for the construction of a MSW landfill must ensure prevention of the ecological risk from the facility construction and operation on the environmental components. Waste at the landfill is subjected to decomposition processes. During this process, both organic products and inorganic soluble compounds pass into solution. The filtrate formed in the body of the landfill is especially dangerous for the environment as it is a toxic solution with a mineralization of up to several tens of grams per 1 liter, content of ammonium ions, chlorine and other macro-components up to several grams per 1 liter, high concentrations of heavy metals (zinc, lead, nickel, chromium, cadmium, etc.) and organic compounds. The negative impact of the filtrate formed in the landfill body on the components of the natural environment is caused by its emission into ground water and subsequently into surface water. On the territory of the middle zone of the Russian Federation, each hectare occupied for storage of MSW produces annually about 1000 m<sup>3</sup> of highly concentrated filtrate containing toxic pollutants by 100 or*

more times higher than the MPC norms. The absence of the systems of collecting, removing and treatment of the filtrate promotes a rapid pollution of all environmental components.

*Municipal solid waste, landfill, filtrate, collection, removal and neutralization of filtrate.*

### References

1. Ekologicheskie aspekty zahoroneniya tverdyh kommunalnyh othodov na poligonah / D.M. Eroshina, V.V. Hodin, V.S. Zubritsky i dr. – Mn.: RUP «BelNITS «Экология», 2010-152 s.

2. **Vostretsov S.P.** Vliyanie plotnosti ukhadki TBO na obrazovanie filtrata / Mat-ly V Mezhdunar. konf. «Sotrudnichestvo dlya resheniya problem othodov». – Kharkov: 2008. – S. 187-190.

3. **Solomin I.A.** Uchebno-metodicheskoe posobie po kursovomu proektirovaniyu: Poligony zahoroneniya tverdyh kommunalnyh othodov. – Electron. Tekstovye dan. – M.: RGAU-MSHA im. C.A. Timiryazeva, 2016-77 s. – Kolleksiya: Uchebnaya i uchebno-metodicheskaya literature. – Rezhim dostupa: <http://elib.timacad.ru/dl/local/706.pdf>. – Zagl. S titul. ekrana. – Elektron. Versiya pech. publikatsii. <URL: <http://elib.timacad.ru/dl/local/706.pdf>>.

4. Upravlenie othodami. Poligony zahoroneniya tverdyh bytovykh othodov /

Ya.I. Vaisman [i dr.]. – Perm: Izd-vo PGU, 2007 – 463 s.

5. **Bespalov V.I., Adamyan R.G.** Analiz uslovij obrazovaniya filtrate na poligonah pozahoroneniya tverdyh othodov potrebleniya / VQI Mezhdunar. Nauchno-prakt. konf. «Novosti peredovoy nauki». – Praga: 2013. – S. 82-85.

6. **Glushankova I.S.** Ochistka filtratsionnykh vod poligonov zahoroneniya tverdyh bytovykh othodov na razlichnykh etapah zhiznennogo tsikla: dissertatsiya ... doktora tehnikeskikh nauk: 05.23.04. – Perm, 2004. – 331 s.

The material was received at the editorial office  
23.05.2020

### Information about the author

**Solomin Igor Aleksandrovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department «Organization and building technologies of objects of environmental engineering», FSBEI HE RSAU-MAA; 127550, Moscow, ul. B. Akademicheskaya, 44; e-mail: [garik13solomin@yandex.ru](mailto:garik13solomin@yandex.ru)

УДК 502/504:631.4

DOI 10.26897/1997-6011-2020-3-59-70

**А.С. ИСАЕВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## ПРИРОДНО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА БАСЕЙНА САНЫ НА МАКРО-И МЕЗОКЛИМАТИЧЕСКОМ УРОВНЕ

*Целью исследования является изучение макро-, мезо- и микроклиматических факторов, проявляющихся в условиях горного рельефа, обеспечивающих определённый уровень тепло- и влагообеспеченности горных ландшафтов формирующий специфический почвенный покров, разработка почвенно-климатического обоснования размещения сельскохозяйственных культур и применения удобрений, создание общей схемы агротехнических и водных мелиораций, планирование и осуществление мероприятий по рациональному использованию и охране земельных ресурсов. В результате анализа и обобщения материалов обследований и изысканий были установлены закономерности пространственного распространения климатических условий в зависимости от абсолютной отметки поверхности земли и рельефа местности. Определена биологическая продуктивность типов почв и особенности сельскохозяйственного использования земельного фонда, установлены основные показатели, положенные в основу схемы природно-сельскохозяйственного районирования бассейна Саны в системе комплексных территориально-производственных образований, выделяемых на трёх уровнях: макро-, мезо- и микроклиматическом.*