

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОКОВ МЕСТ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Н. В. Яцков, И. В. Варнавская –

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно

У статті розглянуто й проаналізовано існуючі методи та схеми очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів, указано їх переваги та недоліки.

In clause existing methods and schemes of sewage treatment of ranges of firm household waste are considered and analysed, their advantages and lacks are specified.

Твердые бытовые отходы (ТБО) являются существенным источником загрязнения окружающей природной среды.

Рациональное обращение с отходами (складирование, захоронение, переработка, обеззараживание, уничтожение) – одна из важнейших экологических задач, стоящих перед человечеством.

Складирование ТБО – это наиболее распространенный в настоящее время метод обращения с этим видом отходов. Складирование ТБО осуществляется на свалках или полигонах. Однако создание полигонов ТБО в свою очередь порождает ряд проблем, одной из которых является образование сточных вод или фильтратов.

Сточные воды полигонов ТБО при отсутствии их организованного отвода и очистки оказывают негативное влияние на окружающую среду, загрязняя ее токсичными органическими и неорганическими веществами, солями тяжелых металлов. Тяжелые металлы, взаимодействуя с органическими соединениями, продуктами разложения пищевых отходов, приобретают способность к миграции в виде токсичных соединений и проникают в почву и водоносные слои.

В работе [1] приведены данные, которые показывают, что дренажные воды (фильтрат) полигонов ТБО являются серьезным фактором загрязнения окружающей среды и поэтому должны подвергаться организованному отводу и очистке.

Основной задачей настоящих исследований являлось выявление и анализ существующих методов и схем очистки сточных вод полигонов ТБО, с целью создания информационной базы для последующей разработки технологий и оборудования очистки сточных вод.

Высокое содержание токсичных компонентов в стоках, в т.ч. ионов тяжелых металлов (состав сточных вод приведен в нашей работе [1]), не позволяет очищать стоки на городских очистных сооружениях. Во многих случаях полигоны расположены в отдаленных местностях, где вообще отсутствует система городской канализации. Такие показатели

фильтрата, как БПК₅ (превышает 1000 мгО₂/дм³) и ХПК (превышает 5000 мгО₂/дм³), свидетельствуют о значительном содержании органических соединений, что практически исключает возможность сброса неочищенного фильтрата на рельеф или в водоемы рыбохозяйственного назначения. Поэтому для очистки стоков полигонов бытовых отходов разрабатываются специальные технологии.

Представляют интерес мембранные методы очистки сточных вод ТБО [2–10], т. к. обратный осмос является наиболее эффективным методом устранения высокой минерализации – одного из основных факторов загрязнения сточных вод ТБО. В работе [2] предлагается способ очистки дренажных вод полигонов ТБО, включающий подготовку с последующей мембранной фильтрацией. На стадии подготовки дренажные воды подвергают электрохимической очистке в электролизере. Полученную суспензию подают на фильтр-пресс для отделения взвешенных частиц и осадка. Осветленную воду после фильтрации на напорных песчаных фильтрах и тонкой фильтрации на патронных фильтрах подают для глубокой очистки и обессоливания на двухступенчатую мембранную обратноосмотическую установку. Концентрат частично возвращают в тело полигона, а другую часть концентрата направляют на тонкослойный испаритель, рассол из которого стекает в кристаллизатор, где образуется кристаллическая соль, которую по мере накопления отвозят на утилизацию.

Ряд решений по использованию баромембранных методов разработан Институтом коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины [3–8]. Так, например, в работе [3] предусматривается известкование стоков с последующей баромембранной обработкой, причем для приготовления известкового молока используют концентрат, который получен в процессе баромембранной обработки. В работе [4] предложен способ очистки сточных вод полигонов ТБО, который включает ультразвуковую обработку воды в присутствии угля и цеолита. На второй стадии в систе-

му вводят соль поливалентного металла, например, сульфата алюминия или сульфата железа, а затем отделяют очищенную воду от осадка фильтрацией или центрифугированием.

В институте проведены исследования процессов очистки дренажной воды свалок ТБО в с. Большие Дмитровичи Киевской обл. (полигон № 5) методами обратного осмоса, микро-, ультра- и нанофильтрации [5]. Показано, что использование обратного осмоса для обессоливания и глубокой очистки эффективно только в сочетании с коагуляцией и нанофильтрацией. При этом достигается степень очистки, достаточная для сброса очищенной воды в систему городской канализации, и значительно улучшаются условия эксплуатации обратноосмотических мембран. Отмечается, что последовательным применением коагуляционной обработки, нанофильтрации и обратного осмоса удается снизить ХПК с 5010 до 51 мгО₂/дм³, а цветность – с 5440 до 10 град.

Особое внимание авторы уделяют предочистке воды перед стадией мембранной обработки. В работе [6] в качестве предварительной очистки перед обратным осмосом предлагается использовать нанофильтрацию. В работе [7] авторы отвергают сорбционные методы предмембранной обработки как малоэффективные и считают, что необходимый эффект может быть достигнут при обработке воды реагентами – сульфатом железа, сульфатом аммония и окисульфатом алюминия с последующим фильтрованием.

В.В. Гончарук с сотрудниками разработали технологическую схему очистки сточных вод свалок реагентными и баромембранными методами

[8]. Авторы предлагают перед нанофильтрацией и последующей очисткой перед мембранным осмосом производить реагентную обработку большими дозами извести (до 4 г/дм³) и окисным сульфатом железа (до 2,5 г/дм³). В этом случае удается понизить ХПК с 5500 до 1500–2000 мгО₂/дм³. Кроме того, предлагается предварительная отдувка аммонийного азота в щелочной среде. Согласно схеме очистки, которая представлена на рис. 1, сточная вода свалки (СВС) поступает в смеситель 1, куда подается известковое молоко до установления значения pH в интервале 11–12, а также концентрат после нанофильтрации. Затем суспензия подается в вертикальный отстойник 2 для отделения образовавшейся твердой фазы. Осветленная СВС подается в дегазатор 3 и барботируется воздухом, крупка карбоната кальция выпадает в осадок, а часть аммиака переходит в газовую фазу и отводится в резервуар с серной кислотой. Для полноты осветления СВС подают на напорный механический фильтр 4, затем в микрофильтр 5 и нанофильтрационный аппарат 6, а далее на деминерализацию в аппарат обратного осмоса 7. Отходы реагентного способа очистки собирают в емкость 8, из которой их подают в печи для обжига.

К недостаткам предлагаемых способов очистки можно отнести отсутствие в их составе блока биологической очистки. Как известно, биологическая очистка является наиболее отработанным и самым дешевым способом эффективного удаления из воды органических загрязнений, в то время как обратный осмос является сложным в эксплуатации, дорогостоящим и энергоемким способом очистки. Наличие же в очищенной воде значительного

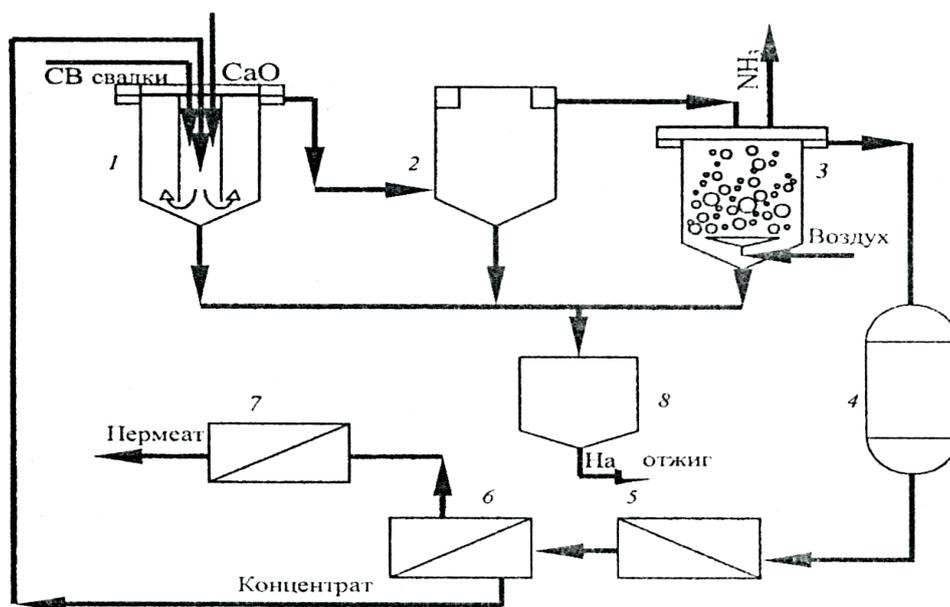


Рис. 1. Принципиальная схема очистки сточной воды свалки ТБО:

1 – смеситель, 2 – вертикальный отстойник, 3 – дегазатор, 4 – напорный механический фильтр, 5 – микрофильтр, 6 – нанофильтрационный аппарат, 7 – аппарат обратного осмоса, 8 – емкость для отходов

количества органических веществ, которые могли бы быть удалены средствами биологической очистки, приводит к повышению концентрации растворимых веществ и снижению производительности установки.

Кроме перечисленных, недостатком способа, представленного в работе [4], является большой расход сорбента, т. к. его используют на самой первой стадии очистки, когда в воде содержится еще много загрязнений.

Как следует из ряда представленных работ, обратный осмос не всегда может обеспечить показатели воды, в частности ХПК, которые позволили бы сбросить эту воду в водоем.

Представляют интерес ряд рекомендуемых технологических схем, сочетающих биологическую очистку с другими традиционными методами очистки сточных вод полигонов ТБО [2, 9, 10, 11, 12]. В работе [2] для очистки дренажных вод полигонов ТБО применен способ биоочистки с аэробным и анаэробным реакторами. Предварительно дренажные воды подвергаются обезвреживанию по комбинированной технологии: флокуляция и коагуляция известковым молоком $\text{Ca}(\text{OH})_2$; отстаивание и фильтрация осадка; последующая отдувка аммонийного азота в градирнях; обработка фильтрата ультрафиолетовыми лучами и окончательная финишная фильтрация. После биологической очистки на последней стадии предполагается сорбционная доочистка на гранулированных активированных углях и углеволокнистых материалах. Однако даже такая комплексная очистка не позволяет снизить содержание токсичных примесей до нормативных показателей. Для этих целей при-

ходится использовать разбавление очищенного стока поверхностными водами.

Авторы работы [9] предлагают в качестве одного из основных методов очистки сточных вод ТБО использовать окислительную деструкцию органических веществ. В работе рассматривается электро-деструкция, окисление озоном, а также совместное действие окислителя, катализатора и света. Последний способ авторы считают перспективным, однако высокая стоимость получения озона и его токсичность заставляют искать более безопасные методы.

ЗАО «Мембраны» разработало комплексную технологию очистки сточных вод полигонов ТБО, включающую электрохимическую обработку, отстаивание, фильтрацию на напорных скорых фильтрах [10]. Далее вода подается на двухступенчатую мембранную установку и затем – на узел биологической очистки. Согласно схеме, представленной на рис. 2, сточные воды из отстойника 1 насосом 2 подаются в проточный электролизер-активатор 3. Полученная после электрохимической обработки суспензия собирается в емкости 4 и насосом 5 подается на узел фильтрации 6 для отделения осадка. Осветленная вода после дополнительной фильтрации на напорных песчаных фильтрах 7 и тонкой фильтрации на патронных фильтрах 8 собирается в емкости 9, откуда насосом 10 подается на двухступенчатую мембранную обратноосмотическую установку 11, затем на финишную доочистку от низкомолекулярной органики в адсорберах 12.

Недостатком предложенных схем является то, что большая часть биогенных загрязнений, как уже отмечалось, выделяется на стадии баромембран-

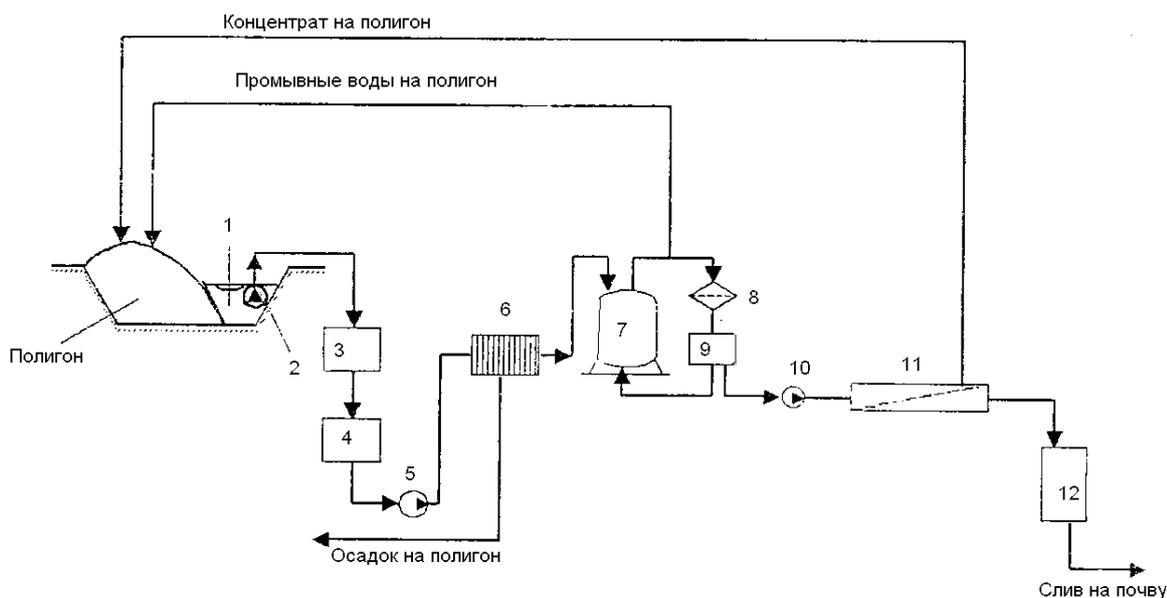


Рис. 2. Принципиальная схема очистки дренажных вод полигонов ТБО:

- 1 – отстойник, 2 – насос, 3 – проточный электролизер-активатор, 4 – емкость для суспензии, 5 – насос, 6 – узел фильтрации, 7 – напорные песчаные фильтры, 8 – патронные фильтры, 9 – емкость, 10 – насос, 11 – двухступенчатая мембранная обратноосмотическая установка, 12 – адсорберы

ной очистки. Это значительно повышает нагрузку на дорогостоящую и сложную в обслуживании установку обратного осмоса и приводит к увеличению эксплуатационных затрат. Более целесообразно подавать на установку обратного осмоса воду, которая предварительно уже была подвергнута биологической очистке и поэтому содержит малое количество органических веществ.

В работе [11] глубокую очистку сточных вод полигонов ТБО осуществляют путем следующих последовательных операций: отгонка аммиака; корректировка pH; электрокоагуляция; электрофлотация; фильтрование с применением активной фильтрующей загрузки, например, известняка, с повторной корректировкой pH; ультрафиолетовая обработка; обработка в анаэробных и аэробных установках с доочисткой в биопрудах. К недостаткам этого способа можно отнести размещение блока биологической очистки в конце цепи сооружений. Это приводит к тому, что вода, поступающая на него после электролитической обработки, содержит свободный хлор, препятствующий эффективной биологической очистке. Кроме того, для организации биопрудов требуются значительные производственные площади.

В работе [12] технология очистки сточных вод полигонов включает пять основных блоков, которые обеспечивают: реагентную обработку воды для очистки взвешенных веществ, окисления токсичных органических компонентов, удаления ионов тяжелых металлов, создания оптимальных условий для дальнейшей отдувки аммиака; деаммонизацию и очистку воздуха от аммиака; глубокую доочистку от аммиака и нитратов натуральными сорбентами; снижение степени минерализации очищенной воды селективными синтетическими сорбентами; обработку осадков; доочистку фильтрата путем биологического окисления до необходимых норм. Как и в предыдущем способе, недостаток состоит в том, что сорбционная очистка предшествует биологической, что приводит к повышенному расходу дорогостоящих сорбентов.

Предлагаются также достаточно простые способы очистки сточных вод полигонов ТБО с использованием природных очистных свойств высшей водной растительности (ВВР) [13, 14]. В работе [13] для очистки сточных вод рассматривается комплекс сооружений типа "биоплато". Комплекс состоит из 4 секций, в первой из которых осуществляется накопление и механическая очистка загрязненного поверхностного стока с площади полигона ТБО, а во второй, третьей и четвертой секциях высажена ВВР. Очистка стоков осуществляется как за счет фильтрации через заросли ВВР, так и за счет контакта с микроорганизмами на ее стеблях и корневой системе. Плавающее биоплато выполнено следующим образом: на поверхности водоема укладываются плавающие сетки, в ячейки которых

вживлены ростки ВВР. Корневая система этих растений находится в слое воды, а система стеблей, опираясь на плавающую сетку, находится выше поверхности воды. Очищаемые сточные воды, проходя между корневищами плавающей ВВР и контактируя с микроорганизмами, закрепленными на корнях, подвергается дополнительной очистке.

В работе [14] для сбора и очистки сточных вод с территории мусорной свалки или полигона ТБО предлагается использовать очистные биоинженерные сооружения (БИС), у которых процессы очищения сточных вод происходят благодаря природному механизму самоочищения с привлечением всего комплекса физических, физико-химических, химических и биохимических процессов. Процессы самоочищения в таких сооружениях протекают в слое фильтрующей загрузки, которая одновременно является субстратом для формирования биогеоценоза ВВР.

В сооружениях данного типа отсутствуют сложные технологические процессы, но не представляется возможным оперативно влиять на качество очищенной воды. Недостаток этих способов заключается также в том, что для размещения биоплато или биоинженерных сооружений необходимы значительные производственные площади. Кроме того, наличие в сточных водах общебиологических ядов в высоких концентрациях, которые тормозят развитие и жизнедеятельность микроорганизмов, ограничивает возможности использования этих методов. Следует также отметить промерзание неглубоких прудов в зимний период.

ВЫВОДЫ

Анализ известных методов и схем очистки сточных вод полигонов ТБО позволил сделать вывод о том, что технологии очистки сточных вод строятся, как правило, на основе сочетания традиционных методов очистки (биологических, электрохимических, мембранных, сорбционных, реагентных и т. п.) в последовательности, определяемой заданной степенью очистки воды.

Предложенные комбинации различных известных приемов и методов очистки сточных вод полигонов ТБО зачастую нерациональны и требуют дальнейшего совершенствования. Кроме того, в большинстве источников отсутствует технико-экономическая оценка схем очистки сточных вод.

В связи с этим разработка высокоэффективных методов очистки стоков полигонов ТБО, в то же время технологичных и обладающих возможностью реализации в условиях эксплуатации полигона ТБО, является актуальной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варнавская И.В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов [Текст] // Экология и промышленность. – 2008. – № 1. – С. 7–14.

2. Пат. 2207987 Российская Федерация, МПК⁷ С 02 F 9/10, С 02 F 1/04. Способ очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов / А.А. Поворов, В.Ф. Павлова, Л.В. Ерохина, И.И. Начева, Н.А. Шиненкова, О.Н. Коломийцева (РФ); НПП «Баромембранная технология» (РФ). – № 2000123328/12; Заявл. 07.09.00; Опубл. 10.07.03. – 6 с.: ил.
3. Пат. 66584 Украина, МПК⁷ С 02 F 1/44, В 01 D 61/00. Спосіб очищення стічних вод міських звалищ твердих побутових відходів / В.В. Гончарук, В.П. Бадеха, З.М. Шкавро, Д.Д. Кучерук, К.О. Зарицкий (Укр.); Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України (Укр.). – № 2003077147; Заявл. 29.07.03; Опубл. 17.10.05, Бюл. № 10. – 4 с.
4. Пат. 69806 Украина, МПК⁷ С 02 F 1/28, С 02 F 1/36. Спосіб очистки стічних вод міських звалищ побутових відходів / В.В. Гончарук, В.В. Маляренко, В.О. Яременко (Укр.); Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України (Укр.). – № 20031211164; Заявл. 08.12.03; Опубл. 15.09.04, Бюл. № 9. – 4 с.
5. Очистка дренажных вод свалок твердых бытовых отходов баромембранными методами / В.В. Гончарук, М.Н. Балакина, Д.Д. Кучерук, В.Ф. Скубченко // Химия и технология воды. – 2006. – Т. 28, № 5. – С. 462–471.
6. Наночистка в предочистке дренажных вод свалок твердых бытовых отходов / В.В. Гончарук, М.Н. Балакина, Д.Д. Кучерук, В.Ф. Скубченко // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 2. – С. 182–194.
7. Предмембранная обработка дренажных вод свалок твердых бытовых отходов / В.В. Гончарук, М.Н. Балакина, Д.Д. Кучерук, В.Ф. Скубченко, Н.В. Ярошевская, В.Р. Муравьев, М.В. Милюкин, И.Я. Пищай // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 1. – С. 42–52.
8. Комплексная очистка сточных вод свалок твердых бытовых отходов / В.В. Гончарук, З.Н. Шкавро, В.П. Бадеха, Д.Д. Кучерук, А.Н. Сова, А.В. Бадеха // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 1. – С. 55–65.
9. Способы деструкции органических веществ в фильтрате полигона с. Пирогово, г. Киев / В.В. Осипов, Г.М. Гуня, В.Н. Мищенко, С.Л. Прокопенко, Е.Г. Сиренко // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов: Сб. науч. статей к V Междунар. науч.-практ. конференции (10–11 апреля 2003 г.). – Одесса: ОЦНТЭИ, 2003. – С.126–131.
10. Комплексная установка по очистке дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов / А.А. Поворов, В.Ф. Павлова, О.Н. Коломийцева, Н.А. Шиненкова, И.И. Начева // 5-й Международный конгресс по управлению отходами “Полигонные технологии захоронения отходов”. Вэйсттэк-2007; тез. докладов (29 мая – 1 июня 2007 г., г. Москва). – М.: ЗАО “Фирма Сибико Интернэшнл”, 2007. – С. 159–160.
11. Пат. 2099294 Российская Федерация, МПК⁶ С 02 F 9/00, С 02 F 1/32. Способ глубокой очистки высококонцентрированных сточных вод и устройство для его осуществления / Л.С. Скворцов, В.Я. Варшавский, А.С. Камруков, А.Ф. Селиверстов, Г.И. Николадзе (РФ); Л.С. Скворцов (РФ). – № 96120998/25; Заявл. 25.10.96; Опубл. 20.12.97. – 4 с.: ил.
12. Рогов О.В., Бухальська Ю.Г. Очищення фільтратів полігонів ТПВ: проблеми та рішення // II Міжнар. конф. з питань поводження з відходами виробництва та споживання: Зб. тез доповідей (25–27 квітня 2007 р.). – К.: Торгово-промислової палати України, 2007. – С. 98–101.
13. Ладыженский В.Н., Саратов И.Е. Защита водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с территорий полигонов ТБО. Тез. докл. к Междунар. науч.-практ. конференции “Сотрудничество для решения проблемы отходов” (5–6 февраля 2004 г., г. Харьков). – Х.: Видавничий дім “ІНЖЕК”, 2004. – С. 59–61.
14. Захарченко М.А., Рижикова І.А. Використання біоінженерних споруд для впорядкування та очищення стічних вод з території розташування та складування відходів. Тези доп. до Міжнар. наук.-практ. конференції “Сотрудничество для решения проблемы отходов” (5–6 февраля 2004 г., г. Харьков). – Х.: Видавничий дім “ІНЖЕК”, 2004. – С. 137–138.