



УДК 628.39

И.В. ВАРНАВСКАЯ, старший преподаватель

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, (НУВХиП) г. Ровно

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ*

Рассмотрены и проанализированы способы очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов. Предложен комбинированный метод предварительной очистки, включающий реагентную обработку с последующей электродеструкцией органических соединений.

сточные воды твердых бытовых отходов, методы очистки, реагентная обработка, электродеструкция органических соединений, предварительная очистка, комбинированный метод

Одним из источников загрязнения окружающей среды являются полигоны твердых бытовых отходов (ТБО). При этом экологическую опасность представляют как газы, выделяющиеся с поверхности полигонов ТБО, так и сточные воды.

Стоки полигонов ТБО содержат значительное количество тяжелых металлов, хлоридов, сульфатов, вредных трудноокисляемых органических веществ. Химическое потребление кислорода (ХПК) этих сточных вод доходит до нескольких тысяч, а иногда и до десятков тысяч.

Если полигон располагается на участке территории без специальной подготовки грунта (гидроизоляции), сточные воды полигонов ТБО проникают в грунт и могут достигнуть водоносных горизонтов, используемых для питьевого водоснабжения. Если полигон сооружается с применением гидроизоляции, то стоки скапливаются в нижних слоях складированного мусора и подлежат отводу с предварительной очисткой.

Разработан и применяется ряд методов и схем для очистки сточных вод полигонов ТБО. Используются ультра- и нанофильтрация, обратный осмос, биохимическая очистка, электрокоагуляция, реагентная обработка, окисление различными окислителями (озон, пероксид водорода) и пр.

В работе [1] предлагается способ глубокой очистки с использованием физико-химических и биологических методов, который позволяет обезвреживать стоки, характеризующиеся высокой токсичностью, наличием многовалентных металлов, гуминовых кислот, поверхностно-активных веществ и других видов загрязнений. Очистка осуществляется путем последовательных операций: отгонка аммиака; корректировка pH; электрокоагуляция; электрофлотация; фильтрование с применением актив-

ной фильтрующей загрузки, например, известняка, с повторной корректировкой pH; ультрафиолетовая обработка; обработка в анаэробных и аэробных установках с доочисткой в биопрудах.

В работе [2] описан способ биохимической очистки дренажных вод полигонов ТБО на установке, включающей аэробный и анаэробный реакторы. 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 приходится использовать разбавление очищенного стока поверхностными водами.

Предлагается также способ очистки дренажных вод полигонов ТБО, включающий предподготовку с последующей мембранной фильтрацией [2]. На стадии предподготовки дренажные воды подвергаются 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, остальное – на тонкослойный ис-

*Статья опубликована по материалам XVII Международной научно-практической конференции «Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов», г. Щелкино, АР Крым, 2009 г.

паритель, рассол из которого стекает в кристаллизатор, где образуется кристаллическая соль, по мере накопления вывозимая на утилизацию.

Ряд решений разработан Институтом коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины. Так, например, в работе [3] предлагается известкование стоков с последующей баромембранной обработкой, причем для приготовления известкового молока используется концентрат, который получен в процессе баромембранной обработки. К недостаткам предлагаемого способа можно отнести отсутствие стадии биологической очистки, что значительно увеличивает нагрузку на мембранную установку, а также, как указывалось выше, сложность эксплуатации и дороговизну процесса. Наличие же в очищенной воде значительного количества органических компонентов, которые могли бы быть удалены средствами биологической очистки, приводит к повышению концентрации растворимых веществ и снижению производительности установки по фильтрату.

Проведены также исследования процессов очистки дренажной воды свалок ТБО в с. Большие Дмитровичи Киевской обл. (полигон № 5) методами обратного осмоса, микро-, ультра- и нанофильтрации [4]. 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. В данном способе недостаточная степень предварительной очистки воды от органических веществ приводит к увеличению концентрации растворимых веществ, попадающих на установку обратного осмоса, и к снижению производительности установки.

Харьковская государственная академия городского хозяйства предлагает способ очистки сточных вод полигонов ТБО на комплексе сооружений типа «биолато» [5]. Комплекс состоит из 4-х секций, в первой из которых осуществляется механическая очистка загрязненного стока, а во второй, третьей и четвертой секциях высажена высшая водная растительность. Во второй секции очищаемые стоки фильтруются через песчано-гравийную и другую фильтрующую загрузку. В третьей блок-секции, где уровень воды поддерживается несколько выше уровня поверхности растительного грунта, очистка стоков осуществляется как за счет фильтрации через заросли высшей водной растительности, так и за счет контакта с микроорганизмами на ее стеблях и корневой системе. В четвертой блок-секции использовано плавающее биолато, которое выполнено следующим образом: на поверхности водоема укладываются плавающие сетки, в

ячейки которых вживлены ростки высшей водной растительности. 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 высшей водной растительности и контактируя с микроорганизмами, закрепленными на корнях, подвергаются дополнительной очистке. Этот способ достаточно прост – в нем отсутствуют сложные технологические процессы.

Аналогичный метод очистки свалок или полигонов ТБО с использованием биоинженерных сооружений разработан в УкрНИИЭП (г. Харьков) [6]. Процессы самоочищения в таких сооружениях протекают в слое фильтрующей загрузки, которая одновременно является субстратом для формирования биогеоценоза высших водных растений. Использование природных очистных свойств высших водных растений позволяет ликвидировать загрязнения любого происхождения, защитить прилегающую территорию и улучшить экологическое состояние региона.

Недостаток этих способов, однако, заключается в том, что для размещения биоплато или биоинженерных сооружений необходимы значительные площади. Кроме того, неглубокие пруды в зимнее время промерзают и не функционируют как очистные сооружения. В сооружениях данного типа не представляется возможным оперативно влиять на качество очищенной воды.

В ряде работ Института коллоидной химии и химии воды имени А.В. Думанского НАН Украины рассматриваются методы очистки дренажных вод свалок ТБО с использованием баромембранных процессов [4, 7–9], при которых особое внимание уделяется очистке воды перед стадией мембранной обработки.

Авторы [9] 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 мг О₂/дм³. Кроме того, предлагается предварительная отдувка аммонийного азота в щелочной среде.

В работе [4] также рассматривается возможность очистки дренажных вод свалок ТБО баромембранными методами. Отмечается, что последовательным применением коагуляционной обработки, нанофильтрации и обратного осмоса удается снизить ХПК с 5010 до 51 мг О₂/дм³, а цветность – с 5440 до 10 град.

Другие авторы [10] считают, что практикуемая технология обратного осмоса является универсальной, но не обладает требуемой мощностью и чрезвычайно дорогая. Одним из основных методов очистки сточных вод ТБО, по их мнению, может быть окислительная деструкция органических веществ. В работе рассматривается элек-



тродеструкция, окисление озоном, а также совместное действие окислителя, катализатора и света. Последний метод авторами признан как перспективный, однако высокая стоимость получения озона и его токсичность заставляют искать более безопасные методы.

В ЗАО «Мембраны» (г. Владимир, Россия) разработана комплексная технология очистки дренажных вод для реального фильтрата полигона ТБО [11]. Предлагается комбинированный способ очистки, сочетающий прогрессивную мембранную технологию с эффективными разработками традиционных методов предочистки сильнозагрязненных дренажных вод. На первой стадии осуществляется электрохимическая очистка сточных вод с частичным переводом аммонийного азота в нитратный, окислением железа, снижением цветности, мутности и ХПК. Далее вода подается на фильтр-пресс, а затем – на напорный фильтр и патронный фильтр. На последней стадии осуществляется двухступенчатая очистка обратным осмосом. Концентрат возвращается на полигон для участия в дальнейших биохимических реакциях либо дополнительно перерабатывается с целью вывода части солей из технологического цикла.

Недостатком предложенной схемы является то, что большая часть биогенных загрязнений выделяется на стадии баромембранной очистки, что значительно повышает нагрузку на дорогостоящую и сложную в обслуживании установку обратного осмоса и приводит к увеличению эксплуатационных затрат.

Представляет интерес технология очистки воды, разработанная фирмой «Rochem Service». Технологическая схема очистки фильтрационных вод основана на применении обратно-осмотической системы Pall Rochem в 2 ступени. С целью защиты обратно-осмотических мембран и насосов высокого давления предусмотрена стадия предварительной очистки фильтрацией на песчаных и волокнистых фильтрах тонкой очистки. После фильтров предварительной очистки насосами под давлением 65 бар фильтрат последовательно проходит 1 и 2 ступени обратно-осмотической системы. После двух ступеней обратно-осмотических установок фильтрат разделяется на два потока: очищенный фильтрат (пермеат) – около 78 % и концентрат – 22 %. Концентрат после первой ступени обратно-осмотической установки направляется на третью ступень обратно-осмотической системы фильтрации под давлением 120 бар, пермеат после которой направляется на вторую ступень обратного осмоса на доочистку. К недостаткам схемы следует отнести недостаточно глубокую предварительную очистку фильтрата перед обратным осмосом. Отсутствие стадии биологической очистки приводит к тому, что значительная часть биогенных веществ поступает на установку обратного

осмоса, увеличивая нагрузку на нее, осложняя ее обслуживание и повышая эксплуатационные расходы. Кроме того, отсутствует обработка концентрата.

В одной из схем очистки воды, предложенной институтом Коллоидной химии и химии воды (г. Киев), технология основана на применении метода обратного осмоса с предварительной двухступенчатой анаэробно-аэробной биологической очисткой. После биологической очистки происходит коагуляция коллоидных и взвешенных веществ, очистка от железа (в тонкослойном модуле) с последующим обеззараживанием гипохлоритом натрия, фильтрацией через песчаный фильтр, угольный фильтр и микрофильтр. После декальцинирования и доочистки от солей тяжелых металлов в Na-катионитовых фильтрах фильтрат проходит электродиализатор для обессоливания и концентрирования солей до 250 г/дм³ и обратно-осмотическую установку. Очищенная вода сбрасывается в водоем.

В патенте Украины [12] предлагается комплекс интенсивной очистки воды, включающий электрореактор, электрофлотатор-коагулятор, дренажный и фильтрационный боксы с минеральной загрузкой, в которую высажены влаголюбивые кустарники и деревья. Такой комплекс сооружений, обеспечивая биологическую очистку воды, не может в достаточной мере снизить солесодержание.

В работе [13] основное внимание уделяется электрообработке сточных вод полигонов ТБО. Авторы отмечают, что при плотности тока 1,5 А/дм² и времени обработки 30 мин были достигнуты значения ПДК по основным органолептическим показателям, исключая азот аммония. При этом в качестве предварительной очистки осуществлялась отдувка аммиака и последующая корректировка pH. Недостатком этого способа также, как и предыдущего, является низкая эффективность удаления растворенных минеральных солей.

ЗАО «БМТ» (г. Владимир, Россия) предлагает комплексную технологию очистки сточных вод полигонов ТБО, включающую электрохимическую обработку, отстаивание, фильтрацию на напорных скорых фильтрах. Далее вода подается на двухступенчатую мембранную установку, затем – на узел биологической очистки [14].

Предлагаемый способ обеспечивает очистку воды до показателей предельно допустимых концентраций (ПДК), но такая последовательность технологических процессов, при которой мембранная очистка предшествует биологической, является нерациональной.

УкрГНТЦ «Энергосталь» запатентовал способ очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов, который включает следующие стадии: подщелачивание стоков, отстаивание для осаждения взвешенных веществ и гидроксидов тяжелых металлов и агрегатов, содержащих органические вещества и значительное ко-

личество бактерий, ультразвуковое обеззараживание и биологическую очистку [15].

На основе анализа рассмотренных способов очистки сточных вод ТБО можно сделать следующие выводы:

1. Для очистки сточных вод ТБО предлагаются известные методы и приемы очистки воды в различных сочетаниях.

2. Во многих литературных источниках приводятся различные схемы очистки сточных вод ТБО без указания эффективности очистки на промежуточных стадиях и по окончании процесса. Это затрудняет определение возможности практического использования предложенных способов очистки.

3. Предложенные комбинации различных известных приемов и методов очистки сточных вод ТБО зачастую нерациональны и требуют дальнейшего совершенствования.

На основании изучения химического состава сточных вод ПТБО и методов их очистки в Ровенском национальном университете водного хозяйства и природопользования и УкрГНТЦ «Энергосталь» (г. Харьков) была разработана концепция очистки стоков ПТБО. Согласно этой концепции, общая технологическая схема очистки сточных вод ТБО, как правило, должна включать такие стадии, как предварительная очистка (предочистка), биохимическая очистка и доочистка. При этом на стадии предочистки осуществляется подготовка воды к биохимической очистке (в частности, выделение тяжелых металлов, частичное снижение ХПК), а на стадии доочистки – уменьшение минерализации (например, с помощью обратного осмоса).

Биохимическая очистка сточных вод глубоко изучена, хотя в последнее время предложен ряд новых методов интенсификации этого процесса. То же можно сказать и об обратном осмосе. Поэтому решено уделить особое внимание методам предочистки стоков ПТБО перед подачей их на биохимическую очистку. Впрочем, в ряде случаев, если есть возможность обойтись без стадии биохимической очистки, эти методы могут иметь самостоятельное значение или использоваться для предочистки воды перед очисткой ее мембранными методами.

В данной работе основное внимание уделено очистке воды от тяжелых металлов и предварительному снижению ХПК с целью уменьшения нагрузки на сооружения биохимической очистки.

В Национальном университете водного хозяйства и природопользования (г. Ровно) были проведены исследования по очистке реагентными методами сточных вод полигонов ТБО.

Целью исследований было испытание метода реагентной очистки, описанного в ряде работ ИКХХВ

Таблица 1 – Химсостав фильтрата ровенского ТБО

№ пп	Компоненты	Единицы измерения	Количество
1	Взвешенные вещества	мг/дм ³	1145
2	pH		7,5
3	БПК-5	мгО ₂ /дм ³	744,8
4	Окисляемость	мгО ₂ /дм ³	138,4
5	ХПК	мгО ₂ /дм ³	1560
6	Щелочность	моль/м ³	18
7	Жесткость	моль/мг/дм ³	16,5
8	Сухой остаток	мг/дм ³	1322
9	Железо	мг/дм ³	7,35
10	Сульфаты	мг/дм ³	126,2
11	Хлориды	мг/дм ³	357,6
12	Кальций	моль/мг/дм ³	9,0
13	Магний	моль/мг/дм ³	7,5
14	Общая минерализация	мг/дм ³	1871,16
15	Азот аммонийный	мг/дм ³	35
16	Нитриты	мг/дм ³	0,003
17	Нитраты	мг/дм ³	0,1
18	СПАВ	мг/дм ³	0,1
19	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,4
20	Полифосфаты	мг/дм ³	2,5
21	Свинец	мг/дм ³	0,034
22	Цинк	мг/дм ³	0,0008
23	Хром шестивалентный	мг/дм ³	0,083
24	Никель	мг/дм ³	0,01
25	Алюминий	мг/дм ³	0,04
26	Марганец	мг/дм ³	0,1
27	Медь	мг/дм ³	0,02

им. А.В. Думанского, на сточных водах полигона г. Ровно. Химсостав стоков приведен в табл. 1.

Исследования проводили в два этапа по две серии в каждом этапе.

Обработку сточных вод осуществляли железным купоросом FeSO₄ с подщелачиванием гидроксидом натрия NaOH до достижения нужного значения pH. Результаты исследований приведены в табл. 2.

С помощью методов планирования экспериментов найдены оптимальные параметры обработки воды и построены математические модели

$$\bar{Y}_1 = \frac{\text{ХПК}}{\text{ХПК}_0} \quad 1,914 - 3,142 \cdot 10^{-4} [\text{FeSO}_4] - 0,271 \cdot \text{pH} + 5,905 \cdot 10^{-8} [\text{FeSO}_4]^2 + 0,013 \cdot (\text{pH})^2 + 3,453 \cdot 10^{-6} [\text{FeSO}_4] \cdot \text{pH};$$

$$\bar{Y}_1 = \frac{\text{БПК}}{\text{БПК}_0} \quad 2,656 - 2,138 \cdot 10^{-4} [\text{FeSO}_4] - 0,398 \cdot \text{pH} + 2,04 \cdot 10^{-8} [\text{FeSO}_4]^2 + 0,018 \cdot (\text{pH})^2 + 1,038 \cdot 10^{-5} [\text{FeSO}_4] \cdot \text{pH}.$$

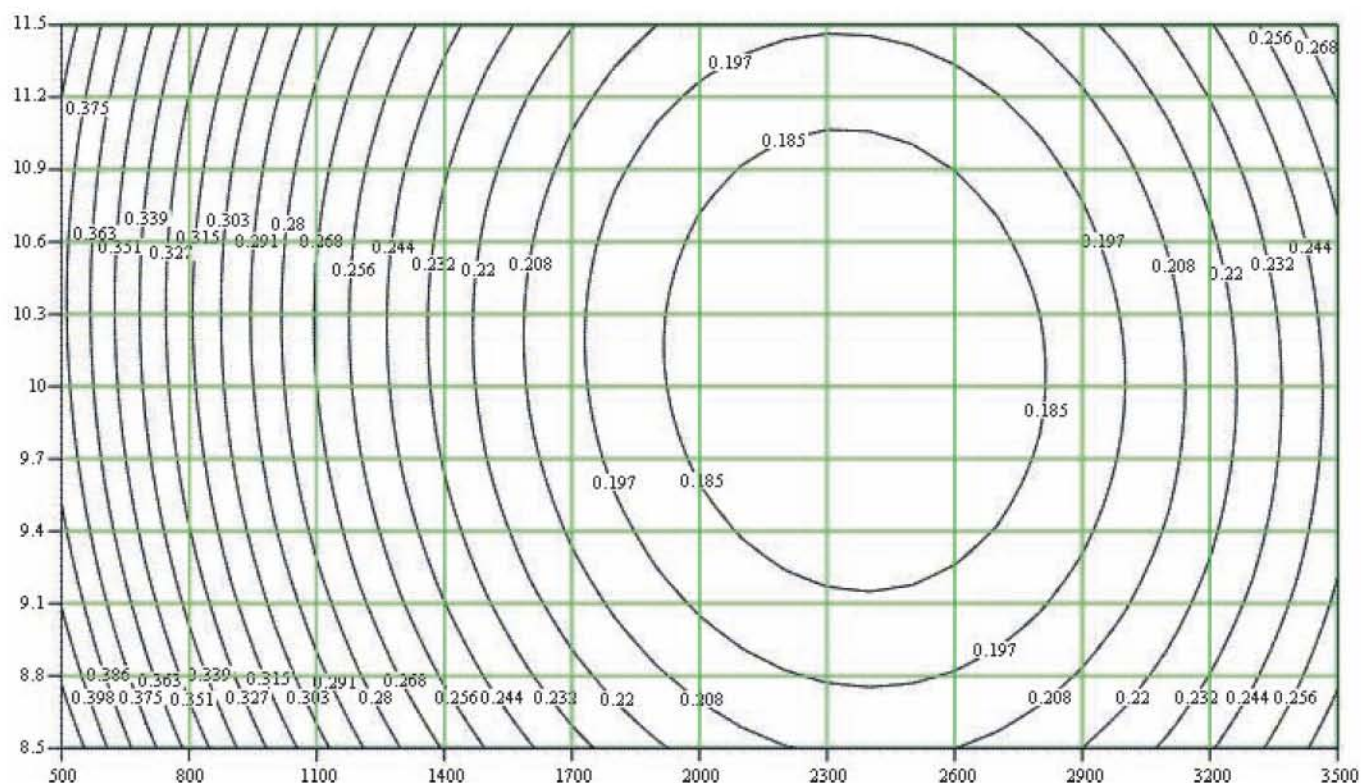


Рисунок 1 – Изолинии относительных значений XPK/XPK_0
 (по оси абсцисс отложена доза $FeSO_4$, мг/дм³; по оси ординат – pH)

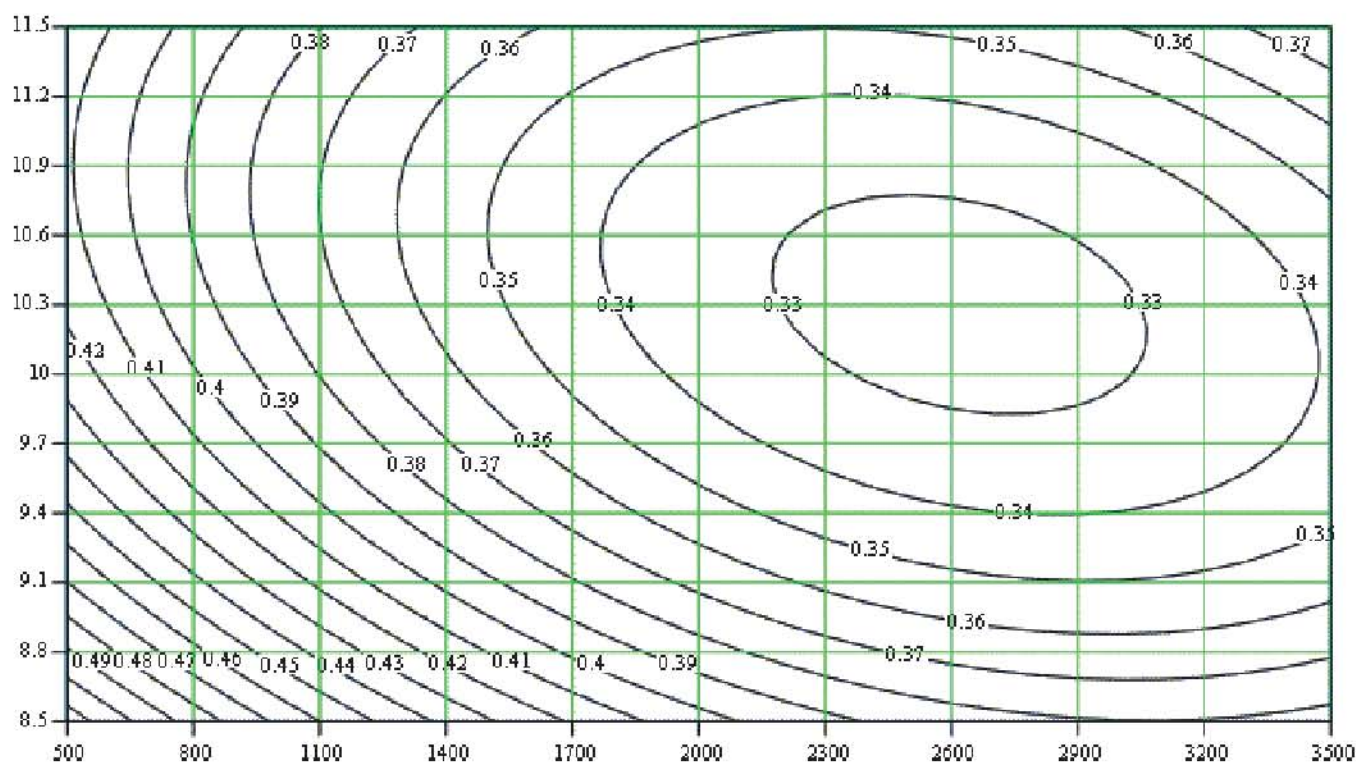


Рисунок 2 – Изолинии относительных значений BPK/BPK_0
 (по оси абсцисс отложена доза $FeSO_4$, мг/дм³; по оси ординат – pH)

Построены также изолинии равных значений ХПК и БПК (рис. 1, 2). Как следует из приведенных данных, минимальное значение величины ХПК/ХПК₀ достигается при дозе FeSO₄=2000–2800 мг/дм³ и pH≈10, а БПК/БПК₀ – при дозе FeSO₄=2200–3000 мг/дм³ и pH≈10,3.

Были проведены исследования по деструкции органических загрязнений [16]. Так как в сточных водах некоторых полигонов ТБО большая часть органических загрязнений представлена «биологически жесткими» веществами, в качестве загрязняющего компонента был принят краситель метиловый оранжевый (метилованж), относящийся к этому классу веществ.

Исследования проводились на экспериментальной установке (рис. 3), включающей кювету с двумя электродами размером 100x150 мм (один электрод из нержавеющей стали, а второй – титановый с платиновым покрытием), источник питания с возможностью стабилизации постоянного тока и систему перемешивания, состоящую из компрессора и опущенного в кювету капилляра для подачи воздуха. Обработке подвергали растворы метилованжа, содержащие, наряду с красителем, также хлорид натрия или сульфат натрия. При этом содержание хлорида натрия принималось равным 2 г/дм³. Такая концентрация NaCl была принята на основании изучения химсостава сточных вод полигонов ТБО. (Так, по данным работ [1, 2] содержание хлоридов в фильтрате полигонов ТБО составляет, соответственно, 1200–8740 мг/дм³).

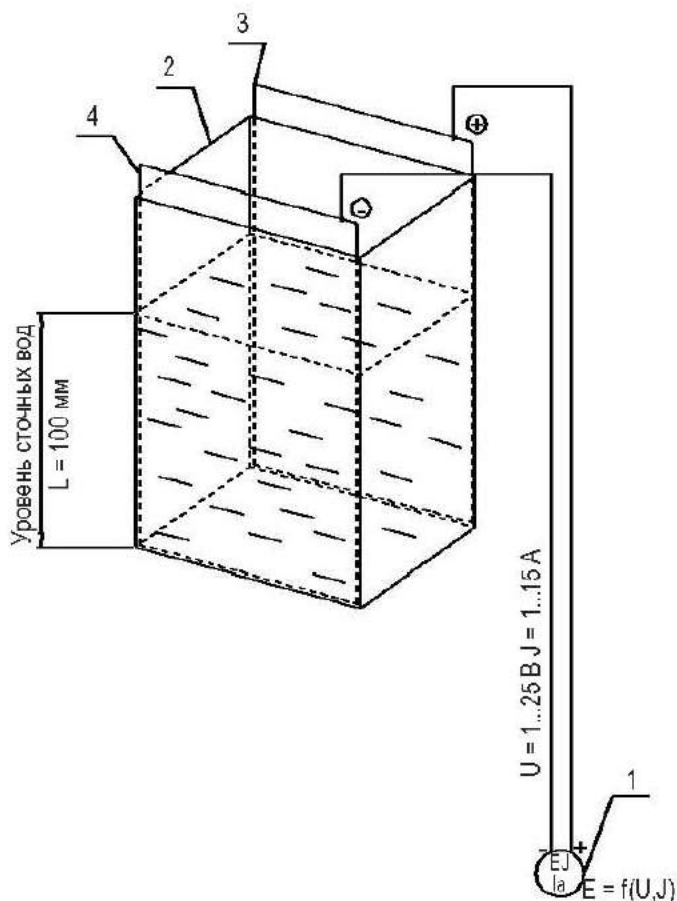


Рисунок 3 – Лабораторная установка для электродеструкции органических загрязнений:
 1 – стабилизированный источник постоянного тока;
 2 – прямоугольная кювета; 3 – анод; 4 – катод

Таблица 2 – Результаты четырех этапов исследований

№ опыта	Факторы		1-й этап								2-й этап							
			при исходных данных БПК = 744,8; ХПК = 1560 (мгО ₂ /дм ³)				при исходных данных БПК = 1198; ХПК = 2400 (мгО ₂ /дм ³)				при исходных данных БПК = 915; ХПК = 1360 (мгО ₂ /дм ³)				при исходных данных БПК = 1024; ХПК = 2250 (мгО ₂ /дм ³)			
			ХПК		БПК		ХПК		БПК		ХПК		БПК		ХПК		БПК	
FeSO ₄	pH	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1	1000	9,5	379,47	0,243	364,8	0,49	600	0,25	486	0,406								
2	500	8,5	504	0,323	486,5	0,653	1400	0,583	446,1	0,373								
3	500	10,5	535,1	0,343	488	0,655	1200	0,5	273,2	0,228								
4	1500	8,5	447,58	0,287	360	0,483	634,6	0,264	480	0,401								
5	1500	10,5	360,01	0,231	123	0,165	634,6	0,264	490	0,41								
6	1500	9,5									461	0,248	380	0,415	575	0,256	426	0,416
7	1500	11,5									455	0,245	377	0,412	585	0,26	390	0,381
8	2000	10,5									402	0,216	330	0,361	547	0,243	395	0,386
9	2500	9,5									384	0,206	312	0,341	517	0,23	372	0,363
10	2500	11,5									402	0,216	339	0,37	548	0,244	400	0,391
11	3000	8,5									447	0,24	373	0,408	521	0,232	382	0,373
12	3000	10,5									373	0,201	309	0,338	490	0,218	362	0,354

I – Абсолютное значение (мг О₂/дм³)
 II – Относительное значение



В то же время, по нашим исследованиям, в фильтрате полигона ТБО г. Ровно концентрация хлоридов составляет всего 257,6 мг/дм³. Таким образом, 2000 мг/дм³ – это некоторое округленное усредненное значение. Концентрация сульфата натрия принималась такой, при которой электропроводность раствора была равна электропроводности раствора, содержащего хлорид натрия.

Результаты исследований по электродеструкции метилоранжа приведены в табл. 3 и на рис. 4. При этом содержание загрязнений оценивалось по химическому потреблению кислорода (ХПК). Средние значения (последняя строчка в табл. 3) свидетельствуют о том, что

снижение остаточного значения ХПК с течением времени практически не зависит от того, какой реагент – NaCl или Na₂SO₄ – использовался. Из этого следует, что наличие активного хлора не является обязательным условием осуществления деструкции и что при перемешивании жидкости в межэлектродном пространстве этот процесс может протекать и в растворах сульфата натрия. Практическое значение полученного результата заключается в том, что при электродеструкции органических веществ в растворах со слабой электропроводностью, последнюю можно повысить за счет добавления сульфата натрия, что позволит избежать возможного появления токсичных хлорорганических соединений. Статистическая

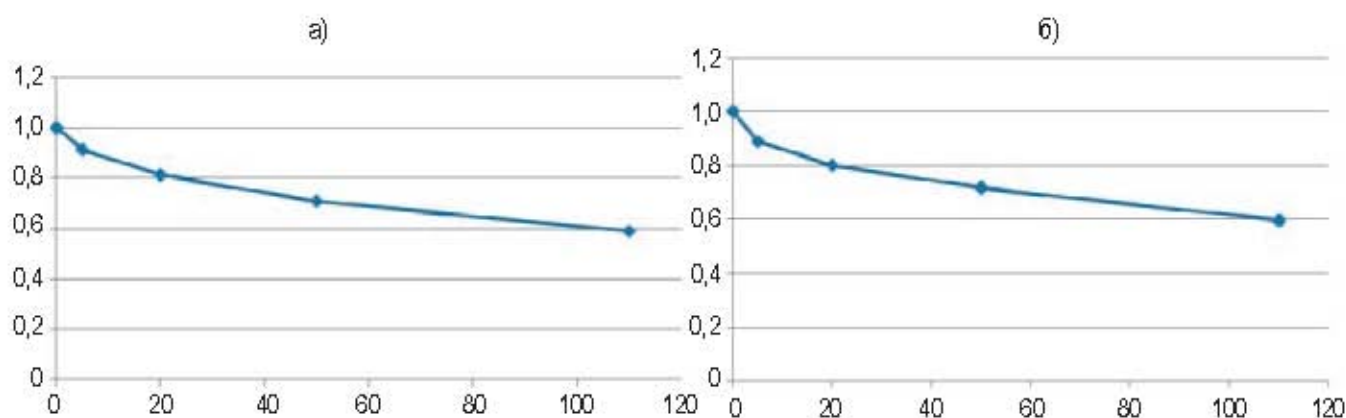


Рисунок 4 – Зависимость средних значений относительной остаточной величины ХПК (XPK/XPK₀) от времени обработки
 а) для растворов, содержащих NaCl; б) для растворов, содержащих Na₂SO₄;
 (по оси абсцисс отложено время обработки, мин, по оси ординат – XPK/XPK₀ отн ед.)

Таблица 3 – Зависимость относительного остаточного значения ХПК/XPK₀ от времени обработки

№ п/п	Эксперименты с растворами, содержащими NaCl					Эксперименты с растворами, содержащими Na ₂ SO ₄				
	исходная концентрация (XPK ₀), мгО ₂ /дм ³	XPK/XPK ₀ в зависимости от времени				исходная концентрация (XPK ₀), мгО ₂ /дм ³	XPK/XPK ₀ в зависимости от времени			
		Время обработки, мин					Время обработки, мин			
		5	20	50	110		5	20	50	110
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	365,8	0,9927	1,0658	0,9524		447,56	0,8652	1,014	0,9161	
2	340,4	0,8739	0,7873	0,7241		609,6	1,0833	0,8333	0,7332	0,6417
3	1143	1,0262	0,9422	0,8311	0,6533	635	0,896	0,856		
4	919,48	0,9502	0,8176	0,6353	0,4638	1117,6	0,9681	0,9363	0,8272	0,7409
5	970,28	1,0209	0,9372	0,733	0,5288	904,24	0,7584	0,6741	0,5842	0,5056
6	238,76	0,8085	0,5532	0,5106	0,5106	1016	1,035	0,9349	0,7	0,355
7	289,56	0,7368	0,5614	0,3684	0,7544	1031,24	0,936	0,8473	0,6946	0,6059
8	975,36	1,1614	0,9635	0,7083		980,44	0,9428	0,7824	0,7461	
9	965,2	0,9726	0,8105	0,7526	0,5368	370,84	0,863	0,7397	0,6575	
10	1107,44	0,9862	0,9128	0,8486	0,8119	264,16	1,0577	0,5962	0,5577	
11	1056,64	0,9423	0,8653	0,7596	0,4663	1132,84	1,0010	0,8117	0,7713	0,7309
12	990,6	0,9589	0,7897	0,682						
Среднее значение	780,21	0,95255	0,83388	0,70883	0,59074	773,59273	0,94605	0,82054	0,71879	0,596667

обработка с использованием программ Excel позволила получить зависимости:

- для растворов метилоранжа, содержащих NaCl
 $y = \text{ХПК}/\text{ХПК}_0 - 0,55 = 0,4498 e^{-0,0211t}$ ($R=0,999$); (1)

- для растворов, содержащих Na_2SO_4
 $y = \text{ХПК}/\text{ХПК}_0 - 0,54 = 0,4317 e^{-0,0184t}$ ($R=0,997$), (2)
 где R – коэффициент корреляции.

Из уравнений (1), (2) следует, что минимальное остаточное значение ХПК_∞ , которое может быть достигнуто при продолжительном времени обработки, равно $0,54-0,55 \text{ ХПК}_0$.

На основании проведенных исследований предлагается комбинированный метод предварительной очистки сточных вод. На первой стадии применяется более экономичный метод реагентной обработки, который позволяет снизить ХПК до величины $0,2-0,25$ от первоначального значения. При этом вода подщелачивается до $\text{pH}=10-10,5$, что способствует выпадению тяжелых металлов, и насыщается сульфатами. После отстаивания и фильтрования вода с требуемым содержанием сульфатов поступает на вторую стадию очистки – электродеструкцию, где удаляется до $35-40\%$ загрязнений (относительная остаточная концентрация – $0,60-0,65$). Следовательно, после двух стадий обработки относительная остаточная загрязненность (по ХПК) составит $21-26\%$ от исходной. Такая вода уже может быть подана на сооружения биохимической очистки. При этом предполагается, что будут использованы новейшие методы и аппараты биохимической очистки (биосорбционный метод, биореакторы и т.п.), позволяющие разлагать даже трудноокисляемые соединения.

Таким образом, разработан комбинированный метод предварительной очистки сточных вод (перед их биохимической очисткой), включающий обработку железным купоросом с подщелачиванием, отстаивание, фильтрование и последующую электродеструкцию органических загрязнений. Определены значения оптимальных параметров процесса – pH , дозы FeSO_4 и соответствующих им остаточных концентраций ХПК. При этом реагентная обработка, при которой вода насыщается сульфатами, одновременно является подготовкой к электрообработке. Ожидаемая эффективность предлагаемого комбинированного метода предварительной очистки $\approx 74-79\%$.

На данном этапе не определялись технико-экономические показатели очистки сточных вод полигонов ТБО с использованием предлагаемого метода предварительной очистки. Это предполагается осуществить на последующих этапах работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
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. 72677 Украина МПК⁷ С 02 F 9/00, 1/20. Спосіб комплексного очищення висококонцентрованих стічних вод / Н.М. Корчик, Ю.Г. Бухальська, В.П. Омельчук (Укр.); Товариство з обмеженою відповідальністю «Енерготехекологія». – № 20040807183; заявл. 30.08.2004; опубл. 15.03.2005, Бюл. № 3.
4. Очистка дренажных вод свалок твердых бытовых отходов баромембранными методами / В.В. Гончарук, М.Н. Балакина, Д.Д. Кучерук [и др.] // Химия и технология воды. – 2006. – Т. 28, № 5. – С. 462–471.
5. Ладыженский В.Н. Защита водных объектов от загрязнения поверхностным стоком с территорий полигонов ТБО / В.Н. Ладыженский, И.Е. Саратов // Сотрудничество для решения проблемы отходов: тезисы докладов конференции с международным участием, 5–6 февраля 2004 г., г. Харьков. – Харьков, 2004. – С. 59–61.
6. Захарченко М.А. Використання біоінженерних споруд для впорядкування та очищення стічних вод з території розташування та складування відходів / М.А. Захарченко, І.А. Рижикова // Сотрудничество для решения проблемы отходов: тезисы докладов конференции с международным участием, 5–6 февраля 2004 г., г. Харьков. – Харьков, 2004. – С. 137–138.
7. Наночистка в предочистке дренажных вод свалок твердых бытовых отходов / В.В. Гончарук, М.Н. Балакина, Д.Д. Кучерук [и др.] // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 2. – С. 182–194.
8. Предмембранная обработка дренажных вод свалок твердых бытовых отходов / В.В. Гончарук, М.Н. Балакина, Д.Д. Кучерук [и др.] // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 1. – С. 42–52.
9. Комплексная очистка сточных вод свалок твердых бытовых отходов / В.В. Гончарук, З.Н. Шкавро, В.П. Бадеха [и др.] // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 1. – С. 55–65.



10. Способы деструкции органических веществ в фильтрате полигона с. Пирогово, г. Киев / В.В. Осипов, Г.М. Гуня, В.Н. Мищенко [и др.] // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов : сборник научных статей к V Междунар. науч.-практ. конф., 10–11 апреля 2003 г., Одесса. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2003. – С. 126–131.
11. Комплексная установка по очистке дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов / А.А. Поворов, В.Ф. Павлова, Л.В. Ерохина [и др.] // Тез. докл. 2-го Междунар. конгресса по управлению отходами ВэйстТэк, 5–8 июня 2001 г., г. Москва. – М.: ЗАО «Фирма СИБИКО Интернэшнл», 2001. – С. 159–160.
12. Пат. 63364 Україна, МПК7 C 02 F 1/24, C 02 F 3/32. комплекс интенсивного очищення води / М.С. Курилюк, С.О. Базурін, О.Д. Клімович, А.А. Ліхоніна, Р.В. Мігас, В.С. Кравченко, С.Б. Проценко, І.Й. Лех, О.В. Сало (Укр.); Громадська організація «Асоціація інженерів-екологів», науково-виробнича фірма «Аква-І» (Укр.). – № 2003043087; заявл. 08.04.03; опубл. 15.01.04, Бюл. № 1. – 3 с.
13. Миташова Н.И. Экспериментальная очистка дренажных вод полигона ТБО электрокоагуляцией – флотацией / Н.И. Миташова, П.В. Филков // Материалы 5-го Международного конгресса по управлению отходами и природоохранным технологиям ВэйстТэк-2007, 29 мая – 1 июня 2007 г., г. Москва. – М.: ЗАО «Фирма СИБИКО Интернэшнл», 2007. – С. 449–450.
14. Комплексная установка по очистке дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов / А.А. Поворов, В.Ф. Павлова, О.Н. Коломийцева [и др.] // Материалы 5-го Международного конгресса по управлению отходами и природоохранным технологиям ВэйстТэк-2007, 29 мая – 1 июня 2007 г., г. Москва. – М.: ЗАО «Фирма СИБИКО Интернэшнл», 2007. – С. 379–380.
15. Способ очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Д.В. Сталинский, М.В. Яцков, И.В. Варнавская, С.И. Эпштейн, З.С. Музыкаина. – Заявка № а 2007 12844 от 20.11.2007; Решение на выдачу патента от 24.03.2009.
16. Сталинский Д.В. К вопросу об очистке сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Д.В. Сталинский, С.И. Эпштейн, З.С. Музыкаина, И.В. Варнавская, Н.В. Яцков // Науковий вісник будівництва. Вип. 52. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С. 120–129.

Поступила в редакцию 15.04.2009

Розглянуто і проаналізовано способи очистки стічних вод полігонів твердих побутових відходів. Запропоновано комбінований метод попередньої очистки, який включає реагентну обробку з подальшою електродеструкцією органічних сполук.

The paper considers and analyzes ways of sewage treatment from solid household waste polygons. The combined method of preliminary treatment including reagent processing with subsequent electric destruction of organic compounds is proposed.