

УДК 628.3.03

**Д.В. СТАЛИНСКИЙ**, д.т.н., генеральный директор,**С.И. ЭПШТЕЙН**, к.т.н., ведущий научный сотрудник, **З.С. МУЗЫКИНА**, к.т.н., ученый секретарь

Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь», г. Харьков

**Н.В. ЯЦКОВ**, к.т.н., заведующий кафедрой, **И.В. ВАРНАВСКАЯ**, аспирант

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

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ: ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ\*

УкрГНТЦ «Энергосталь» и НУВХиП предложены технология и оборудование для очистки стоков полигонов ТБО, отличающиеся эффективностью очистки при сокращении расхода сорбента, технологичностью и возможностью реализации в условиях действующих и строящихся полигонов.

**полигоны ТБО, очистка сточных вод, токсичные компоненты, технология, установка, эффективность**

Общеизвестна кризисная ситуация, сложившаяся в Украине в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО). Поэтому изыскание рациональных путей обращения с отходами является одной из важнейших экологических, научно-технических и социальных задач.

Складирование ТБО – наиболее распространенный в силу экономических причин метод обращения с этим видом отходов осуществляется на так называемых полигонах, создание и эксплуатация которых порождают ряд проблем, в частности образование сточных вод или фильтратов.

Сточные воды полигонов ТБО при отсутствии их организованного отвода и очистки оказывают негативное влияние на окружающую природную 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.

Детальный анализ условий формирования сточных вод полигонов ТБО, их состава и влияния на окружающую природную среду выполнен в работе одного из авторов данной статьи [1].

Высокое содержание токсичных компонентов в стоках не позволяет осуществлять их очистку на городских очистных сооружениях. Очевидно, что сбрасывать неочищенный фильтрат на рельеф или в водоемы рыбо-

хозяйственного назначения недопустимо. Поэтому для очистки стоков полигонов бытовых отходов разрабатываются специальные технологии.

Анализ известных методов и схем очистки сточных вод полигонов ТБО позволил сделать вывод о том, что технологии строятся, как правило, на основе сочетания традиционных методов (биологические, электрохимические, мембранные, сорбционные, реагентные и т.д.) в последовательности, определяемой заданной степенью очистки.

Предложенные комбинации различных известных приемов и методов очистки сточных вод полигонов ТБО зачастую неэффективны и не обеспечивают качественной очистки от вредных химических соединений.

Отсюда – актуальность задачи разработки технологий и оборудования, обладающих (наряду с эффективностью и технологичностью) возможностью быть реализованными в условиях действующих и строящихся полигонов.

На основании выполненных исследований, включавших детальный анализ, УкрГНТЦ «Энергосталь» и НУВХиП предложены технология и оборудование для очистки стоков полигонов ТБО. Технологическая схема включает предварительную очистку, биологическую очистку и доочистку. На стадии предварительной очистки происходит подготовка воды к биологической очистке, а на стадии доочистки – понижение минерализации сточных вод.

\* Статья опубликована по материалам XVI Международной конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушно-го и водного бассейнов. Утилизация отходов», г. Щелкино, АР Крым, 2008 г.



Предложенная технология базируется на наиболее эффективном использовании биологической очистки и сорбционных методов.

Оценка технических решений позволила сделать вывод, что основным недостатком большинства схем является неполное использование возможностей такого эффективного метода, как биологическая очистка. Стадия биологической очистки либо отсутствует, либо осуществляется в конце технологической цепи после сорбционной очистки, что приводит к перерасходу дорогостоящих сорбентов. В отличие от других нашей технологией предусмотрена установка сооружений биологической очистки перед сорбционными фильтрами, что обеспечивает более экономное расходование дорогостоящих сорбентов и делает очистку эффективнее.

Принципиальная схема очистки сточных вод представлена на рис. 1.

Сточные воды подаются на предочистку 1 (рис. 1), после которой происходит их обеззараживание ультразвуком 2, уменьшающее количество бактерий, предотвращая гниение сточных вод в аккумулирующих резервуарах, что в целом способствует повышению эффективности очистки.

После предочистки и обеззараживания очищаемые воды подаются попеременно в три аккумулирующих резервуара 3, 4, 5, одновременно перемешиваясь. Подачу очищаемых вод производят циклично по схеме (рис. 2).

Каждый цикл разделен на подциклы, включающие равные по времени операции наполнения резервуара продолжительностью  $t_1$  (рис. 2), отстаивания –  $t_2$  и отве-

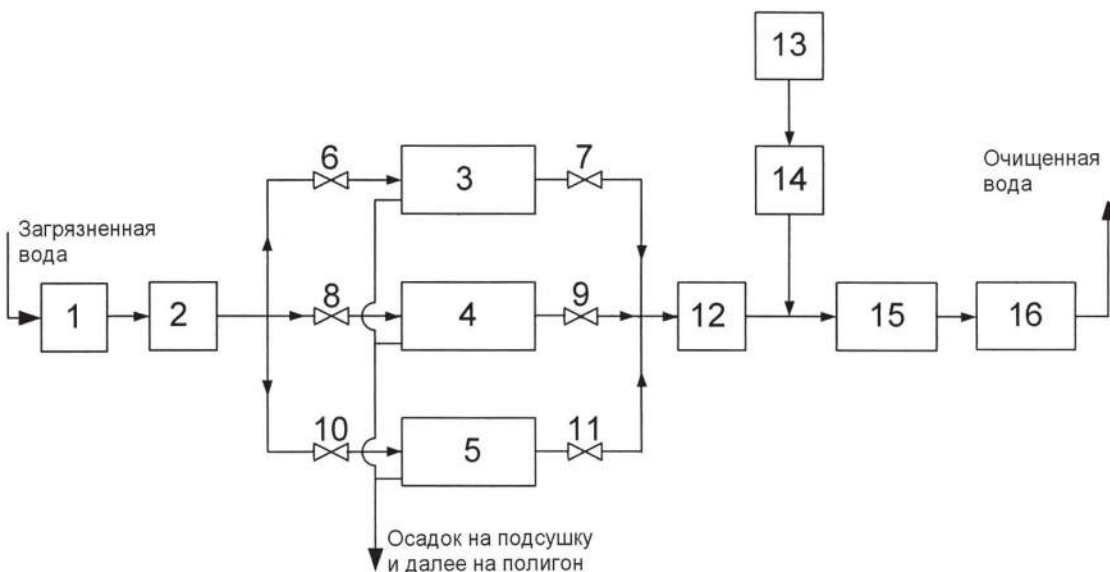
дения воды из резервуара –  $t_3$ . При этом в начальный период отстаивания  $t_4$  (рис. 2) из резервуаров совершается отбор проб воды с целью проведения ее качественного и количественного анализа. Это дает возможность совершить подготовку к отведению воды из резервуара на биологическую очистку. Исследования показали, что продолжительность каждой операции подцикла должна быть не меньшей, чем время, необходимое для отбора проб воды, их анализа и подготовки к отведению воды из резервуара ( $t_1 = t_2 = t_3 > t_4$ ).

Согласно схеме, каждый подцикл отстает на одну операцию от предыдущего подцикла и опережает на одну операцию следующий подцикл. Цикл подачи очищаемых вод в аккумулирующие резервуары повторяется: после отведения воды из резервуара опять начинается его наполнение. Беспрерывная подача позволяет обеспечить накопление очищаемых вод, стабильность расхода и состава, что повышает эффективность и биологической очистки, и очистки сточных вод в целом.

Отведение очищаемых вод производится группой насосов 12 (рис. 1) с добавлением, в случае необходимости, биогенных добавок 13 из баков с помощью дозаторов 14. В соответствии с технологией, доза биогенных веществ определяется по формуле

$$D_b = C_{\text{мин.}i} - C_p$$

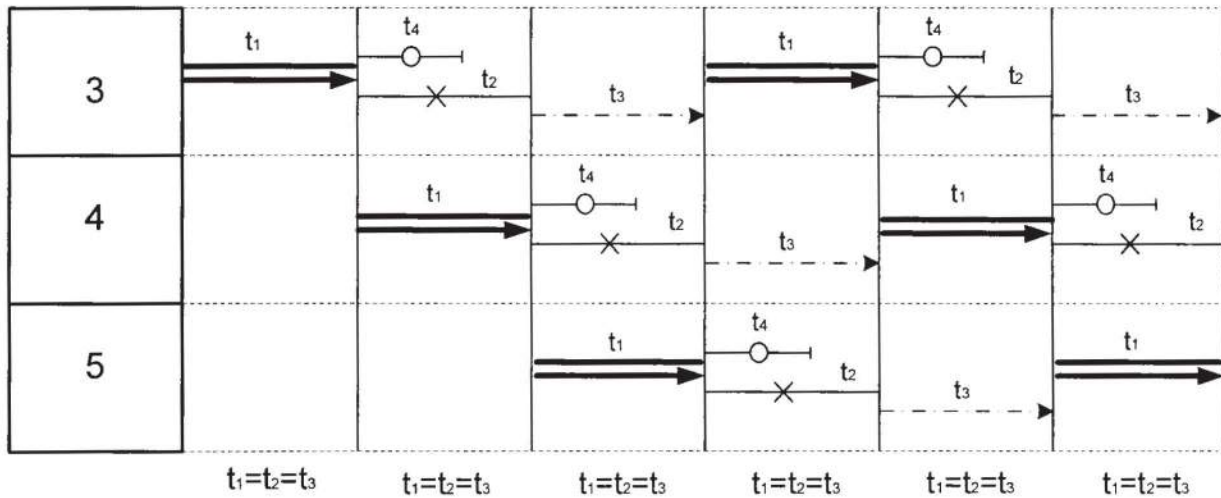
где  $C_{\text{мин.}i}$  – минимальная концентрация  $i$ -ого биогенного вещества, которая должна быть в сточных водах, посту-



**Рисунок 1 – Принципиальная схема разработанного технологического процесса очистки сточных вод полигонов ТБО:**

- 1 – предварительная очистка; 2 – обеззараживание ультразвуком; 3, 4 и 5 – аккумулирующие резервуары;
- 6 и 7, 8 и 9, 10 и 11 – задвижки резервуаров; 12 – группа насосов; 13 – биогенные добавки; 14 – дозаторы; 15 – биологическая очистка; 16 – сорбционные фильтры





**Рисунок 2 – График совместной работы аккумулирующих резервуаров:**

3, 4 и 5 – аккумулирующие резервуары;  $t_1$  – время наполнения резервуара;  $t_2$  – время отстаивания воды в резервуаре;  $t_3$  – время отведения воды из резервуара;  $t_4$  – время, необходимое для отбирания проб воды, их анализа и подготовки к отведению воды из резервуара

пающих на биологическую очистку, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_i$  – количество  $i$ -ого биогенного вещества после предварительной очистки, мг/дм<sup>3</sup>.

Предварительно очищенные и обеззараженные сточные воды при обеспечении на протяжении периода их отведения из резервуара стабильности расхода и поддержания на заданном уровне биогенных веществ для активного ила подаются на биологическую очистку 15 (рис. 1), после которой осуществляется доочистка с помощью сорбционных фильтров 16.

То обстоятельство, что основная масса загрязнений удаляется биохимическим методом и лишь оставшаяся незначительная доля их улавливается в процессе доочистки сорбционными фильтрами, способствует более экономичному расходованию дорогостоящих сорбентов.

На способ очистки сточных вод полигонов ТБО согласно описанной технологии получен патент на изобретение [2].

Принципиальная схема разработанной установки очистки сточных вод полигонов ТБО приведена на рис. 3.

Сточные воды направляются в аппарат 1 корректировки pH (рис. 3), где происходит их подщелачивание до pH = 9–10, потом – в камеру 2, в которой производится частичная отдувка аммиака. Из камеры 2 очищаемые воды поступают на предочистку в вихревой реактор-смеситель 3, далее – на барабанный вакуум-фильтр 4 и в первичный отстойник 5. На схеме (рис. 3) условно не представлен аппарат ультразвукового обеззараживания очищаемых вод.

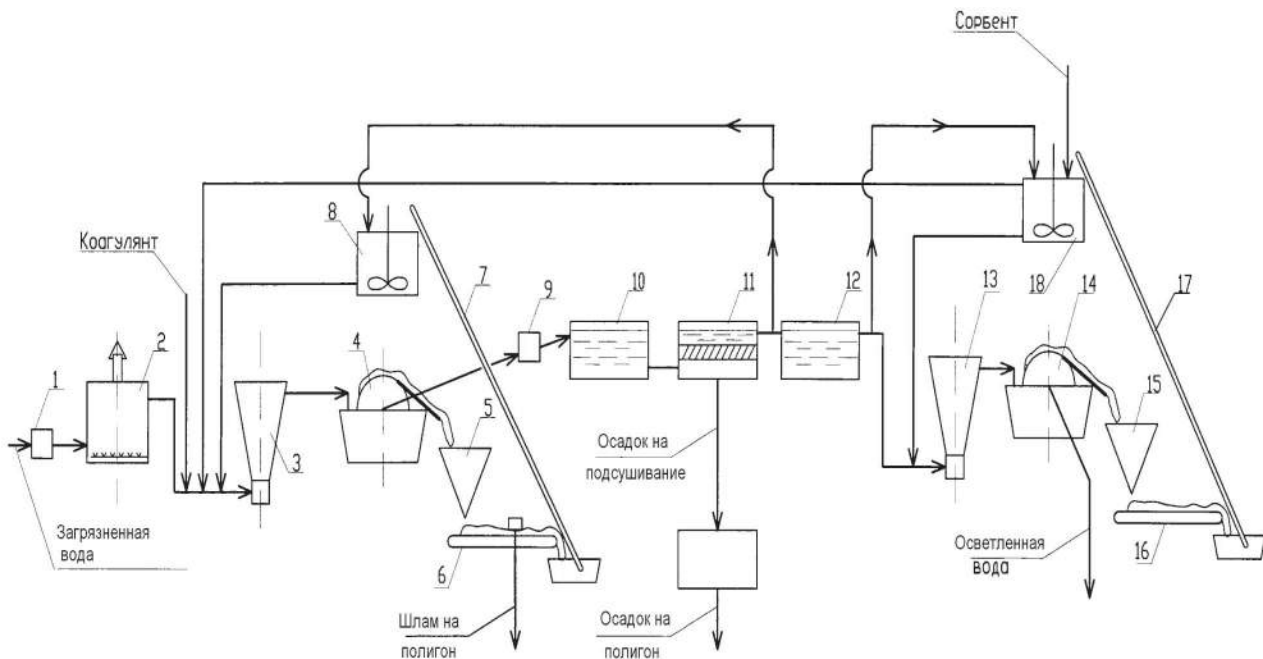
Заметим, что в последнее время для обезвреживания осадка применяются также ленточные фильтр-прессы

или фильтры мешочного типа. Они могут быть использованы и в данной схеме.

Поскольку в фильтре 4 используется отработанный сорбент после фильтра 14, назначение фильтра 4 сводится в основном к очистке воды от механических примесей.

Осадок, снимаемый с барабанного вакуум-фильтра 4, попадает в бункер 5, откуда частично выводится на полигон, а частично транспортерами 6, 7 направляется в механическую мешалку 8. Определение того, какая доля осадка направляется на полигон, а какая – на повторное использование, производится в процессе эксплуатации установки. В механическую мешалку 8 для разбавления осадка с образованием суспензии сорбента подается прошедшая биологическую очистку вода (после тонкослойного отстойника 11 блока – биологической очистки). Из механической мешалки 8 суспензия сорбента попадает в вихревой реактор-смеситель 3. Сюда также подается суспензия сорбента из механической мешалки 18 блока фильтрования. Кроме того, в отдельных случаях в вихревой реактор-смеситель 3 может добавляться коагулянт ( $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$  и т.п.). В вихревом реакторе-смесителе 3 происходит смешивание очищаемой воды с суспензией сорбента и полученная смесь направляется в барабанный вакуум-фильтр 4.

При доведении pH до 9–10 тяжелые металлы переходят в нерастворимые гидроксиды и вместе с сорбентом задерживаются барабанным вакуум-фильтром 4. Кроме того, повышение pH до 10,0 способствует более эффективной отдувке такого биологически окисляемого элемента, как аммиак, что облегчает работу установок биологической очистки.



**Рисунок 3 – Принципиальная схема установки для очистки сточных вод полигонов ТБО:**

1 – дополнительный аппарат корректировки pH; 2 – камера отдувки аммиака; 3 – вихревой реактор-смеситель; 4 – барабанный вакуум-фильтр; 5 – бункер для собирания осадка; 6 и 7 – транспортеры; 8 – механическая мешалка; 9 – аппарат корректировки pH; 10 – биосорбер; 11 – тонкослойный отстойник; 12 – электролизер; 13 – вихревой реактор-смеситель; 14 – барабанный вакуум-фильтр; 15 – бункер для собирания осадка; 16 и 17 – транспортеры; 18 – механическая мешалка

В вакуум-фильтре вместе с сорбентом задерживаются также нефтепродукты, наличие которых затрудняет биологическую очистку воды.

После барабанного вакуум-фильтра 4 первично очищенная вода подается в аппарат 9 корректировки pH для доведения его до 8–8,5, после чего вода поступает на биологическую очистку в биосорбер 10 с отстойником 11. Осадок из тонкослойного отстойника 11 направляется на площадку для подсушивания и затем – на захоронение на полигон.

После биологической очистки очищаемая вода из отстойника направляется на электролитическую очистку в электролизер 12. В электролизере, за счет выделяемого кислорода и хлора, происходит обеззараживание воды.

Во время электролитической обработки в электролизере образовывается свободный хлор и то обстоятельство, что блок биологической очистки установлен перед блоком электролитической обработки, позволяет исключить негативное влияние свободного хлора на процессы биологической очистки и обеспечить повышение степени биологической очистки очищаемых вод.

В ряде случаев обеззараживание воды может осуществляться реагентным методом с применением препарата «Пуролат-Бингсти». При этом необходимо иметь

ввиду, что продолжительность действия препарата – 6 часов.

После электролитической обработки из электролизера 12 очищаемая вода направляется на фильтрование в вихревой реактор-смеситель 13 и барабанный вакуум-фильтр 14.

Осадок, снимаемый с барабанного вакуум-фильтра 14, из бункера 15 транспортерами 16 и 17 направляется в механическую мешалку 18, в которую для образования суспензии сорбента подается вода после электролизера 12 и свежий сорбент. Из мешалки 18 часть суспензии сорбента попадает в вихревой реактор-смеситель 13 блока фильтрования, а часть – в вихревой реактор-смеситель 3 блока предочистки. Этим обеспечивается повторное применение на стадии предочистки отработанного сорбента, который уже не может быть использован на заключительной стадии очистки.

После фильтрования вода направляется на сброс (в водоем, в хозяйственно-бытовую канализацию или на поля орошения).

В соответствии с описанной схемой на установку по очистке сточных вод полигонов ТБО подана заявка на получение патента.

Данная установка разработана для тех случаев, когда биохимическая потребность в кислороде (БПК) сточ-



ных вод составляет значительную (50 % и более) часть химической потребности в кислороде (ХПК) [3].

Когда БПК составляет незначительную часть ХПК, необходима предварительная деструкция органических соединений, которые не могут быть удалены в процессе биохимического окисления.

В данном случае также может быть использована схема установки, представленная на рис. 3, с дополнительной установкой перед аппаратом 1 корректировки pH сетчатых фильтров грубой очистки и электролизера.

Загрязненные воды ТБО после предварительной грубой очистки на сетках поступают в электролизер с нерастворимыми анодами, где происходит деструкция сложных органических веществ как за счет восстановления атомарным водородом, так и за счет окисления атомарным кислородом в прианодном слое и химического окисления активным хлором и кислородом в объеме воды. После электролизера вода поступает в аппарат 1, где происходит дополнительное подщелачивание воды до таких значений pH, которые необходимы для осаждения тяжелых металлов. При необходимости в аппарате 1 производят отдувку аммиака. Затем вода поступает в вихревой реактор 3 и далее – на вакуум-фильтр 4.

Перед подачей на сооружения биологической очистки, кроме понижения pH до 6,5–8,5, необходимо также удалить из воды остаточный хлор, добавив в воду сульфит натрия в количестве 3 мг на 1 мг хлора.

Далее очистка воды протекает так же, как и в предыдущем случае.

Особенностью предложенной установки для очистки сточных вод является повторное использование сорбента, который после частичной потери сорбционной способности невозможно использовать в узле доочистки и он передается на узел предочистки, где требования к качеству очищенной воды не так высоки, как на выходе из

установки, и применение даже частично отработанного сорбента оказывается возможным, т.е. его сорбционная способность полностью используется.

## ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований Украинским государственным научно-техническим центром «Энергосталь» и Национальным университетом водного хозяйства и природопользования предложены технология и оборудование для очистки сточных вод полигонов ТБО. Разработки характеризуются эффективностью очистки при сокращении расхода сорбента, технологичностью и возможностью реализации в условиях действующих и строящихся полигонов. Осуществляются практические мероприятия по реализации разработок.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варнавская, И.В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов [Текст] // Экология и промышленность. – 2008. – № 1. – С. 39–43.
2. Пат. 30484 Україна, МПК<sup>с</sup> С 02 F 9/00. Спосіб очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів [Текст] / Сталінський Д.В., Яцков М.В., Варнавська І.В., Епштейн С.Й., Музикіна З.С. ; заявники та власники патенту Український державний науково-технічний центр «Енергосталь», Національний університет водного господарства та природокористування. – № 200712845 ; заявл. 20.11.07; опубл. 25.02.08, Бюл. № 2. – 4с. : іл.
3. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде : справ. пособие для выбора и гигиенической оценки методов обезвреживания промышленных отходов. – Л.: Химия, 1975. – 456 с.

*Поступила в редакцию 10.04.1008*

УкрДНТЦ «Енергосталь» та НУВПП запропоновано технологію та обладнання для очистки стоків полігонів ТПВ, які відрізняються ефективністю очистки при скороченні витрат сорбента, технологічністю і можливістю реалізації в умовах діючих та тих, що будуються, полігонів.

UkrSSEC «Energostal» and National University of water economy & nature management suggest the technology and equipment for effluent cleaning from polygons of SHW, excelling in purification efficiency at reducing sorbent consumption, in technological effectiveness and opportunity of realization in conditions of operating polygons and polygons under construction.