

В результате рассмотрения процесса осаждения взвеси в тонкослойном отстойнике отмечены, что одной из задач в области водоподготовки является интенсификация работы отстойных сооружений. Решение её может быть достигнуто путём использования метода тонкослойного отстаивания.

Значительные преимущества, достигаемые при отстаивании в тонкослойной отстойниках, позволяет с успехом применять такие сооружения для очистки жидкостей в самых разнообразных условиях.

### Литература

1. Бабаев, И. С. Технология и оборудование для очистки высокомутных природных вод: автореферат дис...докт. техн. наук / И. С. Бабаев, М., 1986. – 48 с.

2. Ганбаров, Э. С. Технология очистки природных и сточных вод на установке «Плот-фильтр» / Э. С. Ганбаров. – Баку: Асар, 1999. – 104 с.

3. Демура, М. В. Проектирование тонкослойных отстойников / М. В. Демура. – Киев: Будівельник, 1981. – 52 с.

4. Алладустов, У. Б. Теоретическая сущность процесса тонкослойного осветления воды/ У. Б. Алладустов // Проблемы и решения инновационных технологий в сфере инженерных коммуникаций: материалы Междун. науч.-практ. конф., Самарканд, 21 мая 2020. –Самарканд, 2020. – СамГА-СИ, ч. 1– С. 138–141.

5. Алладустов, У. Б. Очистки высокомутных вод электрокоагуляцией с последующим тонкослойным осветлением / У. Б. Алладустов, Ф. М. Холов. – Лондон: LAMBERT Academic Publishing, 2021. – 123 с.

УДК 628.354

### **Обработка осадка сточных вод на биоинженерных сооружениях**

Ануфриев В. Н.<sup>1</sup>, Волкова Г. А.<sup>2</sup> Алферчик В. В.<sup>1</sup>, Семикашева Э. Э.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Брестский государственный технический университет  
Брест, Республика Беларусь

*В работе рассмотрены особенности функционирования сооружений для обработки осадка сточных вод в условиях, близких к естественным. Грунтово-растительные иловые площадки предназначены для обработки осадка и имеют определенные особенности, а эффективность обработки в них достигается за счет сочетания физических и биохимических процессов. При подаче осадка твердые примеси удерживаются на поверхности фильтрующей загрузки секции площадки, а жидкость фильтруется*

*через загрузку, далее собирается дренажными трубопроводами и направляется обратно на очистные сооружения. Для эксплуатации площадок не требуется регулярного удаления подсушенного осадка, и новый объем осадка подается поверх старого слоя осадка.*

В Республике Беларусь по данным на 2020 г. для очистки сточных вод используется 2741 очистное сооружение, в том числе 319 сооружений с биологической очисткой в искусственных условиях и 1752 полей фильтрации суммарной площадью 3677 га [1]. Сброс сточных вод в окружающую среду за 2022 г. составлял 1245 млн. м<sup>3</sup>, при этом образование осадка сточных вод оценивается порядка 1% от количества сточных вод. При этом затраты на обработку осадка достигают 40-50% от суммарных затрат на эксплуатацию очистных сооружений [2]. В ближайшем будущем прогнозируется увеличение объемов таких отходов вследствие строительства новых очистных сооружений и повышения степени очистки сточных вод на существующих сооружениях.

Основное количество осадка сточных вод образуется в первичных (сырой осадок) и вторичных отстойниках (избыточный ил), которые относятся к распространенным видам отходов и требуют поиска решений по их обработке и утилизации.

Технологии обработки осадка сточных вод весьма разнообразны. В Беларуси можно выделить два основных направления в практике обработки осадка:

- максимальное уменьшение объемов осадка за счет уменьшения влажности и стабилизация содержащихся в нем органических веществ с последующим складированием или захоронением;
- использование веществ осадков для получения новых товарных продуктов и энергии.

Весьма распространенной практикой является размещение осадка на иловых площадках, предназначенных для уплотнения и подсушки осадков, которые превращаются в объекты долговременного хранения этих отходов. Существуют нормативные ограничения по использованию иловых площадок для очистных сооружений с производительностью более 25 000 м<sup>3</sup>/сут, однако размещение осадка на иловых площадках весьма распространено также на крупных и средних очистных сооружениях. Недостатки традиционных иловых площадок общеизвестны – негативное воздействие на атмосферный воздух, подземные воды, почвы.

Организация обработки осадка сточных вод высокотехнологически методами требует значительных финансовых вложений и использования сложного оборудования, реагентов, вспомогательных материалов. Капитальные вложения на сооружения с механическим обезвоживанием осадка с использованием ленточных фильтр-прессов варьируются в пре-

делах 100–350 тысяч Евро в зависимости от производительности оборудования. При сжигании осадка стоимость инвестиций уже достигает уровня 25–45 миллионов Евро.

В качестве альтернативного способа обработки осадка для небольших и средних очистных сооружений сточных вод может рассматриваться применение иловых площадок с подсадками влаголюбивых растений. Грунтово-растительные площадки, предназначенные для обработки осадка, имеют определенные особенности устройства и эксплуатации. В зарубежной литературе такие сооружения обозначаются как STRB (Sludge Treatment Reed Bed) – площадки с тростником для обработки осадка сточных вод [3].

Эффективность обработки осадка в грунтово-растительных площадках достигается за счет сочетания физических и биохимических процессов. При подаче осадка твердые примеси удерживаются на поверхности фильтрующей загрузки секции площадки, а жидкость фильтруется через загрузку, далее собирается дренажными трубопроводами и направляется обратно на очистные сооружения. Естественный рост корней растений создает поры и условия для дренажа слоя осадка и загрузки площадки. При эксплуатации площадок не требуется регулярного удаления подсушенного осадка, при этом новый объем осадка подается поверх старого слоя осадка.



Рис. Вид грунтово-растительной иловой площадки  
в первый год эксплуатации

Основная задача таких сооружений – обеспечить устойчивую систему обработки избыточного ила. Расчет размеров грунтово-растительных площадок определяется исходя из суточного прироста избыточного ила, образующегося на очистных сооружениях, и поверхностная нагрузка по сухому веществу осадка на 1 м<sup>2</sup> составляет в пределах от 30 до 60 кг/год. При этом отсутствует необходимость в регулярном удалении обезвоженного ила, поскольку сооружения рассчитаны на постоянный прием суточного объема избыточного ила в течение 6–15 лет.

Режим эксплуатации грунтово-растительных площадок для обработки осадка включает периоды подачи исходного осадка и периоды резерва, когда подача осадка отсутствует. Для обеспечения баланса между периодами подачи исходного осадка и периодами резерва количество секций площадки принимают от восьми и более.

Как правило, продолжительность эксплуатации грунтово-растительных иловых площадок составляет около 30 лет. За этот период работы грунтово-растительные иловые площадки включают два-три эксплуатационных цикла по 10–15 лет. Эксплуатационный цикл состоит из четырех этапов:

- ввод в эксплуатацию;
- нормальная эксплуатация;
- опорожнение и окончательное удаление накопленного ила;
- восстановление системы.

Продолжительность этапа ввода в эксплуатацию составляет от года до двух лет, после строительства или реконструкции. В течение этого периода происходит разрастание оставшихся растений или посадка саженцев с достижением требуемой плотности зарослей. При этом осуществляется подача исходного осадка с определенным расходом, который должен обеспечить поступление биогенных веществ для развития растений.

В течение срока эксплуатации различные секции площадки выводят из работы на реконструкцию в разные годы для того, чтобы избежать одновременного опорожнения всех секций площадки и вывести из строя очистные сооружения. Наряду с чередованием периодов подачи исходного осадка и периодов состояния резерва, принимается режим эксплуатации с наличием рабочих секций и секций, находящихся в стадии реконструкции и ввода в эксплуатацию.

Эксплуатация грунтово-растительных площадок в нормальном режиме начинается после достижения требуемой плотности посадок растений. Подача исходного осадка на рабочие секции производится в течение 3–8 суток, после чего секция переводится в резерв с продолжительностью от 40 до 50 суток.

После 10–15 лет эксплуатации секция выводится на реконструкцию (регенерацию), при которой удаляют слой обезвоженного осадка из секции. Если при удалении осадка повреждены посадки растений, секции дополняют новыми саженцами. При высадке растений в секции грунтово-растительных иловых площадок [4]:

- посадку растений проводят весной;
- тростник высаживают в виде корневищ или саженцев;
- посадка корневищ более эффективна, если она производится в конце мая – июне, а корневища имеют один или два побега высотой от 10 до 60 см, при плотности растений 4–6 корневищ на 1 м<sup>2</sup>;
- саженцы тростника выращиваются из семян в контейнерах, и лучше всего высаживать их в конце мая – июне, когда у них уже появляются корневища.

Саженцы высаживать легче, чем куски корневища, и они быстрее растут в первый сезон; плотность посадки принимают: 4–8 саженцев на 1 м<sup>2</sup>.

Исходный осадок на площадку подают с влажностью 96,0 %–99,3 %. После 10 лет эксплуатации слой обезвоженного осадка достигает приблизительно высоты 1,2–1,5 м и характеризуется влажностью 60–70 %.

Грунтово-растительные иловые площадки представляют собой прямоугольную выемку, в которой размещается фильтрационная загрузка, система дренажа и система распределения осадка по площади секции. Грунтово-растительные иловые площадки оснащают гидроизоляционными материалами для предотвращения фильтрации в грунт.

Котлован для площадки и откосы облицовывают гидроизоляционными материалами для предотвращения фильтрации в грунт, котлован заполняют двумя видами загрузки: два слоя гравия разной крупности и верхний слой песка. Боковые откосы обычно выполняются из бетона. Устраивается надводный борт высотой 1,5–1,6 м для накопления осадка, глубина котлована устраивается в пределах 1,7–1,8 м. Высота самого слоя загрузки варьируется в пределах 10–25 см в зависимости от местных условий.

Преимуществами грунтово-растительных иловых площадок являются:

- эффективное снижение объема осадка, при получении содержания сухого вещества 30–40 % при завершении процесса обезвоживания и минерализации;
- отсутствие потребности в реагентах для обработки осадка;
- низкое энергопотребление, электроэнергия используется только на подачу осадка и возвращаемого фильтрата обратно на очистные сооружения;
- обработка осадка происходит в аэробных условиях, не создаются проблемы с запахами.

## Литература

1. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Постановление совета министров Республики Беларусь 22 февраля 2022 г. № 91.

2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический буклет. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск 2023. – 36 с.

3. Wetland Technology. Practical Information on the Design and Application of Treatment Wetlands / G. Langergraber [and others]. – London: IWA Publishing, 2019. – 190 s.

4. Рекомендации по проектированию, устройству и эксплуатации песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод. Р 4.01.188-2022, Международное благотворительное общественное объединение «ЭкоСтроитель», Минск, 2022. – 79 с.

УДК 628.169:628.168:54-058

### Анализ состава и перспективы переработки попутных нефтяных и пластовых вод

Атаева Б. Х.<sup>1</sup>, Атаев Х.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Туркменский государственный

архитектурно-строительный институт,

<sup>2</sup>Институт химии академии наук Туркменистана

Ашгабат, Туркменистан

*Попутные воды обладают высоким содержанием солей, что является одной из основных причин коррозии буровых установок. Поэтому попутные воды стараются использовать в самом процессе нефтедобычи, например, в качестве базы для приготовления буровых растворов, а также для поддержания давления в пластах. В научной статье описаны анализы состава и перспективы переработки попутных нефтяных и пластовых вод. Приведены примеры исследования мирового опыта с целью необходимости определения целесообразности количества полезных компонентов, подлежащих извлечению из подземных вод Туркменистана, в зависимости от состояния техники и гидрогеологических условий.*

Нефтяная отрасль в Туркменистане является одной из ведущих. За последнее время добыча нефти в стране увеличивается с каждым годом. Пластовые воды являются постоянным спутником нефти. Увеличение добычи нефти приводит к неизбежному увеличению добываемой попутной и