

случаях, приходится искать компромиссные решения, которые удовлетворяли бы природоохранным и санитарным требованиям, но были бы достаточно доступны в строительстве и эксплуатации по экономическим параметрам.

Литература

1. СН 4.01.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения. Минск 2020. – 80с
2. СП 4.01.10-2025 Очистные сооружения сточных вод. Минск 2025 80с. Минск 2020 123с
3. Рекомендации по проектированию, устройству и эксплуатации песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод. Р 4.01.188-2022, Международное благотворительное общественное объединение «ЭкоСтроитель», г. Минск, 2022. – 79 с.
4. Погода в Беларуси и Минске. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://belmeteo.net/normals.html> Дата доступа: 10.05.2025.
5. Погода в Узбекистане. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tutu.ru/geo/uzbekistan/article/weather/> Дата доступа: 10.05.2025.

УДК 502.131

Анализ методов, технологий, сооружений и оборудования обработки осадка производственных сточных вод

Шакаль Т.М., Зорин Е.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск,
Республика Беларусь

Научный руководитель Куралёнок А.А.

В статье приведен анализ методов, технологий, сооружений и оборудования обработки осадка производственных сточных вод. Проведенный анализ указывает, что на практике используется проверенный комплекс мероприятий и технологий обработки осадка, и не прекращаются процессы исследования их совершенствования, которые приводят к появлению новых методов, технологий, сооружений и оборудования, их внедрению и распространению наиболее эффективных.

Одной из наиболее сложных проблем, связанных с функционированием очистных сооружений, является управление образующимися осадками, которые являются одним из видов крупнотоннажных отходов.

Составы осадков по размеру частиц неоднородны – размеры колеблются от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности:

а) осадки грубые (отбросы): задерживаются решетками. В их состав входят крупные взвешенные и плавающие вещества, преимущественно органического происхождения: бумага (65%), тряпье (25%), древесина, пластик (4%), другие отбросы (6%);

б) осадки тяжелые: песок, кирпич, уголь, битое стекло и прочее;

в) осадки плавающие;

г) осадки сырые: студенистая, вязкая суспензия с кисловатым запахом, издаваемым гнивающими органическими веществами в количестве 75–80 %;

д) активный ил: хлопьевидная масса бурого цвета, представляющая биоценоз микроорганизмов и простейших, обладает свойством флокуляции. В свежем виде активный ил почти не имеет запаха или пахнет землей, но, гнивая, издает специфический гнилостный запах;

е) шламы: выделяются в результате локальной очистки или доочистки промышленных сточных вод;

ё) осадки сброженные в анаэробных условиях: имеют мелкую и однородную структуру, цвет – почти черный или темно-серый. Отличаются высокой текучестью, выделяют запах сургуча или асфальта;

ж) осадки из аэробных стабилизаторов.

Важно отметить, что осадки промышленных сточных вод разнообразны по своему составу и свойствам, в отличие от относительно однородных осадков бытовых сточных вод. Это разнообразие обусловлено спецификой производственных процессов различных отраслей промышленности (химическая, металлургическая, пищевая, нефтеперерабатывающая, целлюлозно-бумажная и др.). Поэтому выбор методов и оборудования для обработки промышленного осадка всегда требует индивидуального подхода и тщательного анализа конкретного вида осадка.

Обработка осадков проводится с целью получения конечного продукта, наносящего минимальный ущерб окружающей среде или пригодного для утилизации в производстве. Выбор рационального технологического процесса обработки осадков зависит от их объема и качественного состава, а также от завершающей стадии обработки.

Способы обработки осадков:

а) уплотнение – предварительное снижение влажности и уменьшение объема осадка перед дальнейшей обработкой. Для достижения этих целей применяются различные виды уплотнителей:

1) гравитационное уплотнение – наиболее распространённый и простой способ снижения влажности осадка при относительно незначительных затратах энергии, который производится путём осаждения;

2) динамическое уплотнение – производится путём использования процессов флотации, процеживания, центрифугирования. Требуется меньше времени и позволяет получить более глубокое и регулируемое качество уплотнения, но при этом является энергоёмким;

3) механическое уплотнение – уплотнение осадка с использованием различного механического оборудования: барабанных, дисковых, шнековых, ленточных уплотнителей, центрифуг. При механическом уплотнении используются флокулянты и повышается расход энергии.

б) стабилизация – разложение органических примесей до более простых соединений или получения продуктов, имеющих более длительный период деструкции в окружающей среде. Из методов стабилизации (биологические, химические, физические, комбинированные) наибольшее распространение получили биологические методы стабилизации:

1) Аэробная стабилизация – более простой процесс в сравнении с другими методами, однако характеризующийся большим энергопотреблением, при этом применяют аэробные стабилизаторы;

2) Анаэробная стабилизация – более сложный процесс, предполагающий использование метанового брожения в метатенках.

в) кондиционирование – включает обработку неорганическими реагентами, тепловую обработку, обработку полиэлектролитами, замораживание, электрокоагуляцию;

г) обезвоживание – служит для снижения объёма осадка и уменьшения его влажности, что упрощает его обработку. Применяют в основном иловые площадки, а для механического обезвоживания, в зависимости от вида механического воздействия, используются: вакуум-фильтры (разряжение), фильтр-прессы (давление), центрифуги (центробежное поле);

д) термическая обработка или обеззараживание:

1) сжигание – это процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов (диоксид углерода, водяные пары и азот) и золы. Перед сжиганием осадки должны быть или механически обезвожены, или подвергнуты термической сушке, или пройти оба процесса. Включает следующие стадии: нагревание, сушка, отгонка летучих веществ, сжигание органической части и прокаливание для выгорания остатков углерода.

Возгорание осадка происходит при температуре 200–600 °С. Прокаливание зольной части осадка завершается его охлаждением. Температура в топке печи должна быть в пределах 700–1000 °С.

Для сжигания осадков наибольшее распространение получили многоподовые печи, печи кипящего слоя и барабанные вращающиеся печи.

2) для обеззараживания осадков могут использоваться методы: термические (прогревание, сушка, сжигание), биотермические (компостирование), химические (обработка химическими веществами), биологические (уничтожение микроорганизмов простейшими, грибами и растениями грунта). Также могут использоваться физическое воздействие: радиация, ток высокой частоты, ультразвук, ультрафиолетовое облучение.

В основном используются термические, биохимические, химические методы, а также применяется инфракрасное излучение.

е) утилизация или захоронение:

В мировой практике основными направлениями утилизации осадков сточных вод является захоронение, сжигание, применение в сельском хозяйстве. Утилизация осадка, путем внесения продукта в почву признана устойчивой и в целом поддерживается, но некоторые государства продолжают в большей степени ориентироваться на его сжигание.

Основной способ обработки осадков сточных вод в Республике Беларусь – обезвоживание и складирование на иловых картах, в илонакопителях. Применение данного метода сопряжено с несоответствием современным требованиям к экологическим и техническим решениям, а также приводит к отчуждению земельных ресурсов и загрязнению подземных вод.

Применение осадка в качестве удобрения в сельском хозяйстве не регулируется, т.е. ни в одном государственном нормативном документе не установлен запрет или требования в отношении этого пути конечного размещения. Примеры практического использования осадка для целей рекультивации или в сельском хозяйстве также отсутствуют.

Сжигание осадка сточных вод – как отдельное, так и в смеси с другими отходами – не осуществляется. Однако в нормативных документах закреплены требования, ограничивающие выбросы загрязняющих веществ при сжигании отходов (в том числе осадка).

Критерии выбора методов и оборудования:

а) характеристики осадка – наиболее важный фактор (химический состав, физические свойства, токсичность, влажность);

б) объем осадка – является определяющим фактором требуемой производительности оборудования;

в) требования законодательства – нормативы по сбросу, захоронению или использованию осадка;

г) требования к конечному продукту – необходимая влажность, степень стабилизации, отсутствие токсичных веществ;

д) экономические факторы – капитальные и эксплуатационные затраты, стоимость реагентов, стоимость утилизации/захоронения, возможность получения дохода от использования осадка;

е) наличие места – некоторые сооружения (например, иловые площадки) занимают большую площадь;

ё) надежность и удобство эксплуатации – требования к квалификации персонала, частота обслуживания;

ж) энергоэффективность – потребление электроэнергии, тепла.

Анализ методов, технологий, сооружений и оборудования для обработки осадка производственных сточных вод показывает, что это комплексная задача, требующая гибкого подхода. Из-за специфики производственных осадков универсальных решений нет. Выбор оптимальной схемы обработки основан на детальном изучении свойств конкретного осадка, объема его образования, действующих нормативных требований и технико-экономического сравнения доступных технологий. Современные тенденции направлены на минимизацию объема осадка, извлечение из него полезных компонентов (например, ценных металлов, энергии, питательных веществ) и переход от захоронения к более экологически безопасным методам переработки.

Литература

1. В.Н. Ануфриев «Технологии обработки осадков сточных вод. Ч1» [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/54573/Tekhnologii_obrabotki_osadkov_stochnyh_vod.pdf/ – Дата доступа: 09.05.2025;

2. В.Н. Ануфриев «Технологии обработки осадков сточных вод. Ч2» [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/54570/Tekhnologii_obrabotki_osadkov_stochnyh_vod.pdf/ – Дата доступа: 09.05.2025;

3. О.К. Новикова «Обработка осадков сточных вод» [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/653/novikova_obrabotka_osadkov_stoch_vod.pdf/ – Дата доступа: 09.05.2025;

4. Анализ вариантов утилизации осадков сточных вод [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minkvodokanal.by/assets/files/Pdf/assessment.pdf/> – Дата доступа: 09.05.2025.