

Список литературы

- 1 Горелая, О. Н. Магнитные сорбенты для удаления нефтепродуктов из водных сред / О. Н. Горелая, В. И. Романовский, А. А. Хорт // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию БИИЖТа – БелГУТа. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 215–216.
- 2 Каменщиков, Ф. А. Нефтяные сорбенты / Ф. А. Каменщиков, Е. И. Богомольный. – М. – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. – 268 с.
- 3 Малышкина, Е. С. Классификация сорбентов, используемых в технологиях очистки сточных вод от нефтепродуктов / Е. С. Малышкина // Градостроительство и архитектура. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 26–34.
- 4 Горелая, О. Н. Влияние дозы восстановителя на свойства магнитных сорбентов из осадков станций обезжелезивания / О. Н. Горелая, В. И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2022. – № 1. – С. 32–37.
- 5 Yushchenko, V. Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Groundwater for Sustainable Development. – 2023. – No. 22. – P. 100943.
- 6 Yushchenko, V. Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water / V. Yushchenko, E. Velyugo, V. Romanovski // Environmental Technology. – 2023. – No. 14 (45). – P. 2735–2742.
- 7 Hurynovich, A. Artificial replenishment of the deep aquifers. In E3S Web of Conferences. EDP Sciences / A. Hurynovich, V. Ramanovski. – 2018. – Vol. 45. – P. 00025.
- 8 Романовский, В. И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В. И. Романовский, П. А. Клебеко, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2018. – № 2 (104). – С. 90–92.
- 9 Клебеко, П. А. Очистка подземных вод от железа с использованием модифицированных антрацитов / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Молодежь в науке – 2016 : сб. материалов XIII Междунар. науч. конф. / Совет молодых ученых Национальной академии наук Беларуси, Минск, 2017. – С. 347.
- 10 Клебеко, П. А. Модифицированные антрациты – эффективные каталитические материалы для обезжелезивания подземных вод / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 7. – С. 24–29.
- 11 Клебеко, П. А. Влияние условий синтеза на фазовый состав модифицированного покрытия антрацитов для обезжелезивания подземных вод / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 65–67.
- 12 Клебеко, П. А. Обезжелезивание подземных вод модифицированным огнеупорным шамотом / П. А. Клебеко, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2021. – № 4. – С. 103–111.
- 13 Романовский, В. И. Проблемы утилизации отходов водоподготовки и очистки сточных вод в Беларуси / В. И. Романовский, А. А. Федоренчик, А. Д. Гуринович // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2 (68). – С. 66–69.

УДК 551.4 (476.13)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Я. А. ДУНИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Интенсивное воздействие человека на окружающую среду привело к загрязнению водных ресурсов Земли, поэтому данная проблема стала глобальной и требующей безотлагательного решения. Значительным источником загрязнения окружающей среды являются сточные воды. Защита и рациональное использование водных ресурсов – это одна из первостепенных задач, требующая решения путём постоянного контроля состава сточных вод, а также внедрения современных технологий для очистки сточных вод и поддержания экологического баланса [1].

Новые технологии, такие как мембранные биореакторы (МБР) и усовершенствованные процессы окисления (AOPS) обеспечивают значительные улучшения эффективности очистки. МБР объединяют биологическую обработку с мембранной фильтрацией, достигая высоких показателей удаления загрязняющих веществ и создавая высококачественные сточные воды. МБР представляет собой аэротенк с погружным мембранным модулем. Процесс разделения сточных вод и иловой смеси осуществляется при помощи микро- и ультрафильтрационных мембран.

Технология МАБР (мембранно-аэрируемый биопленочный реактор) представляет собой биореактор с биопленкой, прикрепленной на загрузке. Загрузкой являются полые мембранные волокна, в которые подается воздух от воздухоподводящей установки, а затем через поры мембран воздух поступает в аэробную зону биореактора.

Опыт применения данной технологии показал высокую эффективность очистки сточных вод. За счет отказа от вторичных отстойников и сооружений доочистки данная технология позволяет значительно сократить площадь, занимаемую очистными сооружениями. Применение технологии МБР наиболее эффективно для очистных сооружений, которым необходимо увеличить производи-

тельность или обеспечить требуемое качество очистки в условиях, когда существующих объемов аэротенков недостаточно. При новом строительстве данная технология позволяет уменьшить объемы сооружений [2].

Усовершенствованные процессы окисления (AOPS) используют сильные окислители (озон, перекись водорода, ультрафиолетовый свет) для устранения органических загрязнений. Применение технологии наиболее эффективно для обработки сточных вод со сложными загрязнениями.

Мембранные технологии (мембранная фильтрация: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос) становятся технологически и экономически оправданны для удаления загрязняющих веществ, содержащихся в промышленных сточных водах. Эти технологии представляются эффективными для разделения растворенных органических веществ, взвешенных твердых веществ и тяжелых металлов.

Перспективной технологией является биоаугментация: введение конкретных бактерий или ферментов для усиления биологического расщепления загрязняющих веществ в сточных водах.

Применение интегрированных систем позволяет объединять несколько технологий очистки (например, биологических, химических, физических) для достижения оптимальных результатов эффективной очистки.

Восстановление ресурсов: извлечение ценных материалов из сточных вод, таких как питательные вещества (фосфор, азот) для удобрений, энергии из производства биогаза и воды для повторного использования.

Технология биологической очистки сточных вод методом вермифильтрации (с применением дождевых червей) может использоваться в городском хозяйстве, в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве для очистки сточных вод, содержащих разлагаемые биологические вещества. С помощью данной технологии бытовые, сельскохозяйственные и некоторые промышленные сточные воды могут быть очищены быстро, экономично и экологически безопасно без образования ила и осадка сточных вод, без выделения запахов и парниковых газов со 100%-й регенерацией воды [4].

Вермифильтрация основана на том, что дождевой червь способен работать как «биофильтр»:

- поглощение органических и неорганических загрязнителей;
- переваривание загрязнителей;
- выделение экскрементов в окружающую среду.

Технология вермифильтрации позволяет не только утилизировать загрязнители, но и произвести их детоксикацию и дезинфекцию, а также трансформацию органических и неорганических компонентов в органическое минеральное удобрение (вермикомпост) и биологическую массу червей, которые могут служить сырьем для кормовой и фармацевтической промышленности. Данная технология имеет несколько видов систем установок. В зависимости от степени загрязнения сточных вод и необходимого качества очищенной воды можно использовать одноступенчатую или многоступенчатую систему вермифильтра. С помощью увеличения циклов обработки одна установка по вермифильтрации может произвести воду любой степени очистки.

Вермикультура в составе вермифильтра при совместном взаимодействии почвенных микроорганизмов, иммобилизованных на биофильтре, способна в результате механизмов поглощения и биодеградации удалять из сточных вод органические и неорганические загрязнители по таким важнейшим показателям качества воды, как БПК₅, более чем на 90 %, ХПК – на 80–90 %, растворенные вещества – на 90–92 % и взвешенные вещества на 90–95 % [4].

В настоящее время предприятиям и организациям доступен значительный набор методов для очистки сточных вод. Для сохранения экологической безопасности и обеспечения установленных нормативов по загрязнениям, предприятиям и организациям необходимо использовать наиболее эффективные методы очистки сточных вод, систематически проводить анализ сточных вод, регулируя процессы и степень очистки, исходя из требований и нагрузки на экосистемы.

Список литературы

1 Буря, А. И. Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А. И. Буря, Е. Ф. Кудина. – Днепропетровск : Пороги. 2006. – 520 с.

2 Аврутин, О. А. Мембранные технологии и оборудование для очистки сточных вод / О. А. Аврутин, С. А. Иванов, И. В. Войтов // Нефтехимия 2021 : материалы IV Междунар. науч.-техн. форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск 22–23 ноября 2021 г. – Минск : БГТУ, 2021. – С. 188–190.

3 СН 4.01.02-2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы Республики Беларусь. – Введ. 2019-10-31. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 80 с.

4 Инновационные технологии в системах водоснабжения и водоотведения : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары 24–25 октября 2019 г.) / ред. кол.: А. Н. Плотников [и др.]. – Чебоксары : Среда, 2019. – 152 с.