

**КОМБИНИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И АОРС
ПРИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Черныш Елизавета Юрьевна, д.т.н., доцент

Сумской государственный университет,

Штепа Владимир Николаевич, д.т.н., доцент

Полесский государственный университет

Chernysh Yelyzaveta Yuriiivna, Dr., e.chernish@ssu.edu.ua, Sumy State University

Shtepa Vladimir Nikolayevich, Dr., tppoless@gmail.com, Polesky State University

Проанализированы типовые недостатки базовых методов очистки сточных вод. Выявлены перспективность и представлено направление использования комбинированных подходов водообработки. Обоснована структурная схема очистных установок с применением биологических процессов и АОРс.

***Ключевые слова:** комбинированная водоочистка, аэробные и анаэробные процессы, передовые окислительные технологии.*

В последние десятилетия технологии очистки сточных и питьевых вод претерпевают стремительное развитие. При этом методы очистки воды делятся на четыре базовые группы [1, 2]:

1. **Механические методы в основной своей массе** наиболее дешевые и применяются для выделения взвесей. Они, как правило, являются предварительными этапами очистки воды.
2. **Химические методы классически** используются для удаления из сточных вод неорганических примесей. При обработке реагентами проходят нейтрализацию растворенные соединения, имеет место обесцвечивание и обеззараживание.

3. **Физико-химические методы в основном** используются для удаления грубо- и мелко- дисперсионных частиц и для нейтрализации коллоидных примесей и растворенных соединений.

4. **Биологические методы очистки воды** применяются для устранения из сточных вод органических соединений. Они используют способности микроорганизмов разлагать органические соединения.

Вместе с тем для получения необходимого эффекта на реальных объектах внедряются (необходимо использовать) комбинированные установки, которые включают несколько из известных способов воздействия на водные растворы [3]. С технологической точки зрения разработка новых методов использования технологий водоподготовки и водоочистки вызвана их известными эксплуатационными недостатками. Для систем, которые применяют физические (механические) методы такими недостатками являются:

- возможность создания, в результате частичного засорения фильтрующих элементов, колоний бактерий на работающих средствах водоочистки (фильтры);
- накопление вредной для человека и окружающей среды отфильтрованной массы (фильтры, центрифуги, отстойники, гидроциклоны);
- исключительно проточный непрерывный режим работы (фильтры, центрифуги, гидроциклоны);
- уничтожение только самих вирусов, микробов и бактерий, а не более вредных продуктов их жизнедеятельности (ультразвук, облучение, озонирование);
- уничтожение полезной микрофлоры (ультразвук, озонирование, облучение);
- ограниченность эффекта последствия и проникающей способности при высокой концентрации загрязнителя (озонирование, облучение, ультразвук).

Недостатки химических методов:

- высокая вероятность образования в результате химических реакций новых соединений, которые больше вредны для человека и окружающей среды, чем первоначальные загрязнители (все средства);
- накопление большого объема вредных комплексов "отработанный реагент + загрязнитель" (коагуляция, флокуляция);
- уничтожение полезной микрофлоры (хлорирование);
- наличие реагентного хозяйства, которое само и является загрязнителем окружающей среды (все средства).

Недостатки биологических методов:

- высокие требования по соблюдению технологических и режимных параметров проведения биопроцессов (температура, давление, ОВП, входящий состав воды, периодичность подачи дополнительных биогенных веществ, гидравлическое время удержания активного ила); соответственно, значительные затраты энергоресурсов или возможное ухудшение эффективности очистки (все средства);
- низкий уровень адаптации к существующим «залповым» выбросам химически активных вредных веществ (все средства);
- большая сложность и затратность интенсификации (ускорение) процессов очистки (вермиккультура, биологические пруды).

Общим недостатком методов является то, что необходимо контролировать в режиме реального времени десятки параметров качества воды и технологических процессов, а существуют и надёжно работают на промышленных объектах только единицы автоматизированных измерительных приборов. При этом, например, необходимо учитывать качественные и количественные параметры работы биосистемы активного ила для формирования динамического равновесия в его видовом разнообразии для максимально эффективной деструкции органических загрязнителей.

Именно потому перспективным направлением является использование методических подходов агрегирования разных базовых подходов водоочистки. Например, анализ работы промышленных систем, в случае комбинации базовых способов (обязательно для обработке производственных стоков), показал наложения действия различного оборудования на одни и те же загрязнители: перекрестное влияние различных средств на один вид загрязнителей колеблется в пределах 5-40% [3]. На основе полученных результатов обоснованно последовательность создания

систем водоочистки с расширением функциональных возможностей и их способности эффективно противодействовать чрезвычайных ситуаций – метод перекрестных влияний способов удаления загрязнителей из стоков [3].

Для примера комбинации разных базовых решений, рассмотрим использование биологических процессов, как технологического ядра, при уменьшении их недостатков с помощью передовых окислительных процессов (Advanced Oxidation Processes – AOPs).

В качестве окислителей чаще всего используют озон, хлор, гипохлорит натрия, пероксид водорода, реактив Фентона. Каждый из перечисленных реагентов имеет свои «плюсы» и «минусы», поэтому внедрение передовых окислительных процессов в практику водоочистки совместно с другими методами также представляется весьма актуальным.

Базовым достоинством биологических методов очистки является их экологичность и безопасность для природных компонентов окружающей среды. Сложности проявляются в стабилизации и формировании равновесной системы между процессами разложения сложных органических примесей и сохранением постоянства биомассы нужных эколого-трофических групп микроорганизмов [4]. Важным является стимулирование развития нужного доминантного видового состава активного ила, увеличения их метаболической активности, что возможно с применением методов физико-химической активации биологических процессов.

К ингибиторам биологических процессов, используемых на очистных сооружениях, которые могут быть устранены с использованием AOPs, можно отнести поступление со стоками СПАВ и антибиотиков. Так, СПАВ ухудшает процесс отстаивания сточных вод и ингибирует транспорт кислорода в клетки микроорганизмов активного ила в аэротенках. Увеличение концентраций антибиотиков в стоках, подающихся на очистку, угнетает рост микроорганизмов активного ила, в анаэробных условиях падает производительность биосистемы, снижается выход биогаза и происходит неполная денитрификация с повышением уровня остаточного загрязнения. Это влияет также на композиционный состав иловых осадков очистных сооружений, которые складываются в дальнейшем на иловых картах и в следствии повышенного загрязнения поллютантами не утилизируются [5].

Недостатками AOPs нейтрализуемые биохимическими решениями:

- блокировка органическими загрязнителями синтеза окислителей, их транспортировки в необходимые реакционные зоны;
- уменьшение эффективности окисления в следствии буферных свойств растворов;
- использования активных окислителей на удаление загрязнителей, которые устраняются и более дешёвыми и простыми решениями.

Исходя из указанным целей комбинированного использования предложена схема водоочистки (рис. 1).



Рисунок – Системное комбинирование биологических процессов и AOPs при очистке сточных вод (усреднители, песколовушки и другие элементы предочистки не указаны)

Блок предварительной биологической очистки (аэробная фильтрация): удаление (частичное) загрязнителей, которые пассивируют процессы AOPs окисление (уменьшают эффективность); биохимический «запуск» окислительно-восстановительных процессов.

Модуль предварительного окисления (электролиз под давление, генерация анолита, хлорпроизводные окислители): прямое окисление загрязнителей, формирование комплексов загрязни-

телей для более эффективного их биологического удаления, устранение СПАВ и частично антибиотиков.

Блок основной биологической очистки (стадия анаэробной денитрификации): восстановление NO_x до газообразного азота в процессе деятельности гетеротрофных денитрифицирующих бактерий при формировании в флокулах активного ила аноксигенных зон на фоне анаэробно-биосистемы в целом.

Модуль активации биологических процессов (электролизные блоки активации, гидро- и УЗ-кавитаторы, электромагнитные облучатели): интенсификация биологических процессов водочистки на стадии дефосфотации в условиях биохимической сульфатредукции с осаждением тяжелых металлов.

Модуль АОРs доокисления (стерилизация) и удаления специфических загрязнителей (фотоозонализ, реакция Фентона, электролиз под давлением, электрокинетическое окисление): конечное устранение загрязнителей водных растворов подающихся окислению (восстановлению), включая СПАВ и антибиотики.

Модуль управления процессами в режиме реального времени: управления и координация системой минимум-реагентного комбинирования биологических процессов и АОРs при очистке сточных вод в режиме реального времени (по показателям: рН, ХПК, мутность, ОВП, иловый индекс, электропроводность, температура).

После такой системы (см. рис. 1) возможно применение элементов удаления неорганических загрязнителей, рН-коррекции и других необходимых решений.

Предложенную схему потенциально можно использовать для обработки сточных вод разнотраслевых объектов с многокомпонентными загрязнителями органической и неорганической природы:

- пищевые предприятия (молокозаводы, мясокомбинаты, рыбопереработка, виноделие, сыроваренные);
- агропромышленный комплекс (птицефабрики, животноводческие фермы, свинокомплексы);
- лёгкая промышленность (деревопереработка, кожевенные заводы, косметология);
- коммунальные объекты.

Выводы. Комбинирование биологических процессов и АОРs при очистке сточных вод является перспективным направлением с точки зрения комплексного устранения недостатков отдельных технологических решений водообработки и повышения их синергетической эффективности.

Список использованных источников

1. Штепа В. М. Обґрунтування та розробка критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки / В. М. Штепа, Ф. І. Гончаров, М. А. Сироватка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК: збірник наукових праць. – Київ: НУБіПУ, 2011. – Вип. 161. – С. 187–193.

2. Штепа В. М. Обґрунтування робочої міри ефективності електротехнологічної водочистки / В. М. Штепа // Енергетика і автоматика. – 2018. – № 4. – С. 99–111. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/11558>, – Дата звернення: 16.10.2019.

3. Вертай С. П. Обоснование структуры и заданий системы поддержки принятия решений обобщённой оценки перспективности инновационных технологий / С. П. Вертай, В. Н. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. – Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2016. – Вип. 240. – С. 86–93

4. Chernysh Y. The Influence of Phosphogypsum Addition on Phosphorus Release in Biochemical Treatment of Sewage Sludge / Y. Chernysh, M. Balintova, L. Plyatsuk, M. Holub, S. Demcak // International journal of environmental research and public health. – 2018. – 15(6). – С. 1269. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061269>

5. Пляцук Л.Д. Эколого-синергетический подход к процессу накопления и утилизации иловых осадков / Л. Д. Пляцук, Е. Ю. Черныш // Екологічні науки. – 2015. – № 2. – С. 54–68.