

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ (ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА)

Штепа Владимир Николаевич, д.т.н., доцент¹,

Киреев Сергей Юрьевич, д.т.н., профессор²,

Козырь Алексей Викторович, старший преподаватель¹,

Шикунец Алексей Борисович, аспирант¹

¹Полесский государственный университет,

²Пензенский государственный университет,

Shtepa Vladimir Nikolayevich, Dr.¹,

Kireev Sergey Yurievich, Dr.²,

Kozyr Aleksei Victorovich, senior lecturer¹,

Shikunets Aleksei Borisovich, graduate student¹,

¹Polessky State University, tppoless@gmail.com

²Penza State University

Аннотация. Оценена интенсификация биохимических преобразований в органосодержащих водных растворах промышленной аквакультуры под воздействием электролиза и продуктов соответствующих реакций. Выявлен значительный прирост показателя качества воды «химическое потребление кислорода» даже после относительно кратковременного проведения электрохимических процессов с инертным графитовым анодом. Предложено использовать электролизные агрегаты в технологических комплексах биологических очистных сооружений в целях генерации из загрязнителей водных растворов дополнительной легкоокисляемой органики (питательных веществ).

Ключевые слова: электролизные процессы, химическое потребление кислорода, органосодержащие водные растворы, промышленная аквакультура.

При электрохимическом воздействии на водные растворы кислоты, щелочи, окислители, восстановители генерируются непосредственно из них («in situ») за счет электролизной обработки в разнотиповых агрегатах [1, 2]. Во время прохождения воды через межэлектродное пространство электролизёров одновременно происходит непосредственно сам электролиз, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимовлияние продуктов друг на друга и иные, в том числе синергетические, технологические кооперации. Во многих случаях получаемые реагенты обладают весомыми реакционными способностями, что обосновывает их применение для интенсификации протекания различных процессов биохимической природы [3, 4], включая задачи биологической очистки сточных вод.

В качестве обрабатываемого раствора использовалась технологическая вода установки замкнутого водоснабжения по выращиванию гидробионтов (клариевого сома). Такая вода имеет значительные концентрации различных поллютантов органической природы в растворимой и нерастворимой формах.

Электрохимическая установка (бездиафрагменный электролизёр) обрабатывала воду в стационарном (непроточном) режиме при следующих параметрах: сила постоянного тока – 3 А, напряжение – до 48 В. Конструктив: инертный анод выполнен из графита, катод – нержавеющая сталь, объём – 2,5 литра (рис. 1).

Время обработки варьировалось от 3 до 18 минут; после каждого эксперимента порция воды заменялась на новую для очередного исследования; также фиксировалась температура раствора.

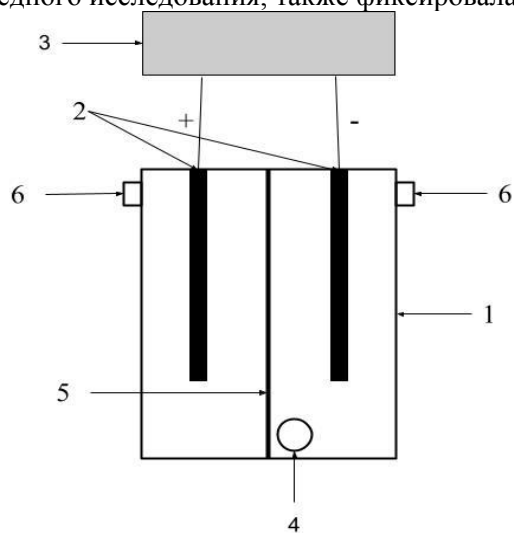


Рисунок 1. – Электролизная установка обработки водного раствора индустриальной аквакультуры: 1 – корпус, 2 – электроды, 3 – источник постоянного тока, 4 – патрубок подачи и отведения воды, 5 – перфорированная диэлектрическая стенка, 6 – патрубки отведения электролизных газов

В роли оценочного показателя качества водных растворов (контроля протекания биохимических преобразований) применили «химическое потребление кислорода» (ХПК) – количество кислорода, необходимое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием окислителей. Измерения выполнялись инструментальным средством LH-DC 18 (оптический датчик) с 254нм глубоким ультрафиолетовым светодиодом. Ультрафиолетовый луч поглощается органическим веществом, растворенным в воде, где степень поглощения пропорциональна концентрации органического вещества:

Диапазон измерения	0-600 мгO ₂ /л
Точность измерения	±5%F.S
Разрешение	0,1 мгO ₂ /л

Используя цифровой интерфейс Modbus RS-485 информация передавалась в базу данных и на отображалась на графическом мониторе – был реализован информационно-измерительный комплекс.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 2.

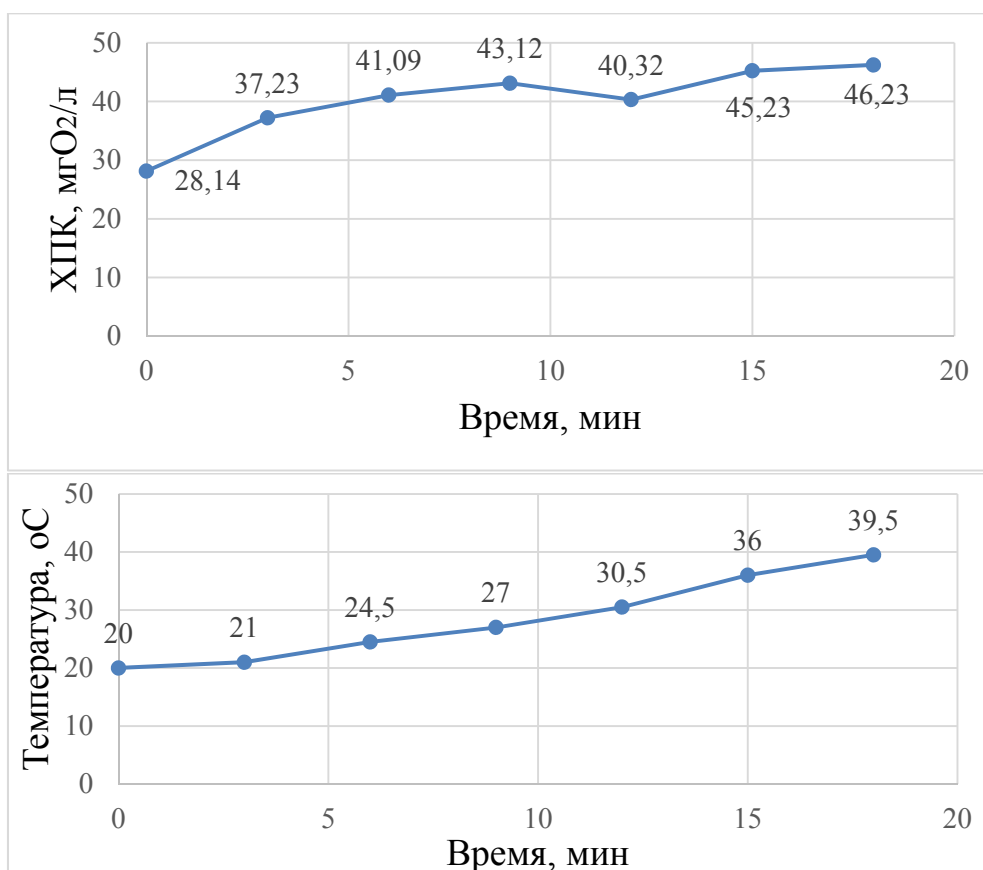


Рисунок 2. – Результаты экспериментальных исследований электролизного изменения химического потребления кислорода и температуры технологической воды промышленной аквакультуры

Оценка результатов электрохимического воздействия на воду (см. рис. 2) показывает значительный прирост ХПК после обработки – на 32% – 64%, по сравнению с исходным раствором. При этом необходимо отметить, что после электролиза дольше 6 минут рост температуры, в процентном соотношении, эквивалентен повышению значений химического потребления кислорода – таким образом можно определить в данных случаях очень значимо влияние температурного фактора. В тоже время при 3 и 6 минутах рост ХПК имеет скачкообразный эффект на 32% и 46% при не критическом (в первом случае минимальном) повышении температуры: 1% и 23%, соответственно. В целом в диапазоне 6 минут – 18 минут имеет место процесс относительной стабилизации прироста химического потребления кислорода на уровне 43,1 мгО₂/л – 46,2 мгО₂/л при высоких показателях температуры (+27 °С – +39,5 °С).

Таким образом, можно констатировать преобразование ранее не регистрируемых датчиком органических соединений в фиксируемые им новые соединения (например, из мелкодисперсных органических взвешенных частиц) – фактически имеет место высокая степень интенсификации (ускорения) гидролиза под влиянием электрохимической обработки. Необходимо отметить, что условия проведения электролизного воздействия (вольт-амперные характеристики, гидравлические параметры, минеральный состав) были крайне далеки от оптимальных для эффективной деградации органических загрязнителей.

Исходя из анализа исследований других авторов [5, 6] в области получения легкоокисляемой органики (веществ, которые, вступая в реакцию с кислородом, легко разлагаются до простых минеральных соединений) из сырого осадки первичных отстойников и подачи её в качестве дополнительных питательных веществ активного ила биологических очистных сооружений можно, режимов электролиза и значительного повышения ХПК можно предположить, что имеет место, в том числе, и ускоренная ферментация ранее не фиксируемых измерителем органических загрязнителей (например, из мелкодисперсных взвешенных частиц), что способствует образованию лету-

чих жирных кислот (ЛЖК) и формированию дополнительного легко биоразлагаемого ХПК (лбХПК) [5].

Выводы. Использование электрохимической обработки позволяет повысить ХПК водного раствора на 64% (от 28,1 мгО₂/л до 46,2 мгО₂/л) без внесения дополнительных ингибридентов. При электролизе дольше 6 минут имеет место повышение температуры до +39,5 °С и значительное влияние температурного фактора на прирост химического потребления кислорода. Исходя из анализа экспериментальных исследований и работ других авторов можно предположить, что в результате интенсификации гидролиза и ускоренной ферментации органических поллютантов воды индустриальной аквакультуры образуется легко биоразлагаемого ХПК (лбХПК), которое, за счёт более доступных для активного ила питательных веществ, позволит повысить эффективность биологического удаления фосфора и азота в процессе очистки сточных вод. Дальнейшие исследования целесообразно направить на обоснование режимов электрохимической обработки сырого осадка и избыточного ила биологических очистных сооружений и создание соответствующих технологических схем.

Список использованных источников

1. Безреагентная технология интенсификации процесса выращивания микровзелени в аквапонных системах / В.Н. Штепа [и др.] // Химическая технология. – 2023. – Т. 24, № 5. – С. 194 – 200.
2. The case study of active sludge under anaerobic conversion of poultry manure in combination with electrolysis at the hydrolysis stage / Yelizaveta Chernysh, Vladimir Shtepa [et al.] // Applied science, MDPI. 2022
3. Исследование эффективности применения электрохимического модуля генерации ферратов при очистке сточных вод мясоперерабатывающих предприятий / С. Ю. Киреев, В.Н. Штепа [и др.] // Химическая технология: производственный, научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал. – 2024. – Т. 25, № 2. – С. 67 – 73.
4. Схема комбинированной очистки сточных вод текстильных производств с использованием АОРs-технологий / В.Н. Штепа [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета: научный журнал. – 2023. – № 1 (44). – С. 114 – 124.
5. Анализ работы сооружений для удалений соединений фосфора из сточных вод на станции аэрации г. Витебска. / Ющенко В.Д., Куприяничик Т.С., Галузо А.В., Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2015. – № 3. – С. 115 – 119
6. Божко, К. Г. Влияние биологической очистки сточных вод на изменение содержания соединений неорганического азота / К. Г. Божко. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 2 (292). – С. 7 – 10