

Оценка влияния постоянного электрического тока на окислительную способность активного ила в процессе биологической очистки стоков

М.А. Сафронов, Е.А. Титов, Т.В. Малютина, В.А. Князев

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Проведена оценка окислительной способности активного ила, используемого в процессе биологической очистки сточных вод, при обработке его электрическим током. Проанализирована эффективность биологической очистки стоков при изменении напряжения постоянного электрического тока, а также значениях критерия Кэмпбелла. Показано, что электрообработка активного ила приводит к увеличению эффективности биологической очистки стоков, определяемой по показателю химического потребления кислорода, а также дзета-потенциала.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, активный ил, электрогидродинамическое устройство, дзета-потенциал, химическое потребление кислорода.

Биологическая очистка сточных вод на аэротенках осуществляется путем окисления примесей при участии активного ила. Процессы, происходящие при биохимическом окислении, описаны в [1,2].

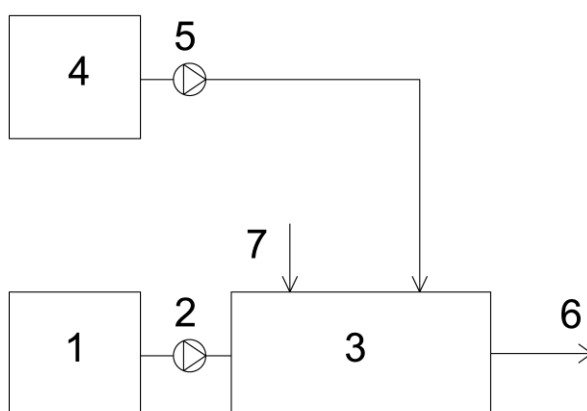
Существует несколько методов интенсификации процессов окисления органических примесей в присутствии микроорганизмов активного ила. К наиболее распространенным методам относятся применение аэрационных систем с высокими массообменными характеристиками [3-5], а также использование прикрепленных биоценозов на плоскостных [6,7], гранулированных [8] или волокнистых [9,10] загрузках. К перспективным относятся также физические методы ускорения процессов биохимического окисления органических веществ.

Обработка активного ила электрическим током может стать действенным способом увеличения эффективности очистки стоков в аэротенке, поскольку приводит к изменению величины, так называемого дзета-потенциала (ζ -потенциала), оказывающего серьезное влияние на электрокинетические, а, следовательно, и диффузные свойства микроорганизмов.

Целью исследований, проводимых авторами в рамках данной работы, являлось установление степени влияния электрического тока на процесс биологической очистки сточных вод в аэротенках и вычисление величины ζ -потенциала при различных вариантах электрообработки используемого активного ила.

Исследования проводились на установках, схемы которых представлены на рис. 1.

а)



б)

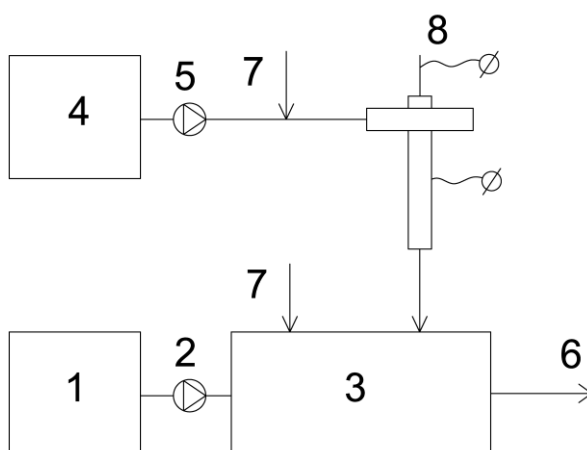


Рис. 1. – Схемы обработки сточной воды и ила:

а) без обработки ила электрическим током; б) с обработкой ила электрическим током

1 – бак со сточной водой; 2 – насос подачи стоков; 3 - аэротенк 4 – бак с илом; 5 – насос подачи ила; 6 – гидросмесь стоков и ила; 7 – патрубок для обработки воздухом; 8 – электрогидродинамическое устройство

Оборудование включало в себя аэротенк 3, баки со сточной водой 1 и илом 4, перекачивающие насосы 2 и 5, электрогидродинамическое устройство 8, также в ходе экспериментов предусматривалась возможность подачи воздуха по трубопроводу 7.

Принцип работы электрогидродинамического устройства был схож с аналогами, представленными в работах [11,12]. Основными элементами устройства можно считать корпус, ствол, а также электрод, подключенный к источнику тока. Устройство было изготовлено из стали и предусматривало возможность изменения длины ствола в интервале от 0,3 до 0,7 м. После прохождения входной камеры, имеющей диаметр 0,07 м иловая смесь перемешивалась в корпусе устройства с воздухом при значениях критерия Кэмпса от 2100 до 5100. Сила тока при работе устройства составляла от 0,0012 до 0,0058 А, при этом центральный электрод попеременно подключался к противоположным полюсам источника тока. Продолжительность биологической очистки составляла 300 минут, при этом отбор проб осуществлялся через 90, 180 и 300 минут, соответственно. Обработка воздухом осуществлялась с интенсивностью $6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$.

Критерием оценки качества биологической очистки сточных вод по предлагаемой технологии с использованием электрогидродинамического устройства описанной конструкции являлось химическое потребление кислорода, определяемое до и после обработки. При этом для исходного стока данный параметр имел значение в пределах от 150 до 160 мг/л.

Диаграмма изменения химического потребления кислорода в процессе проведения экспериментальных исследований представлена на рисунке 2.

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет утверждать, что использование технологии обработки ила электрическим током позволяет увеличить эффективность биологической очистки, оцененной по показателю химического потребления кислорода, составившего соответственно 69 мг/л и 48 мг/л для ила без регенерации и с регенерацией. При этом эффект очистки составил 56% и 69%, соответственно.

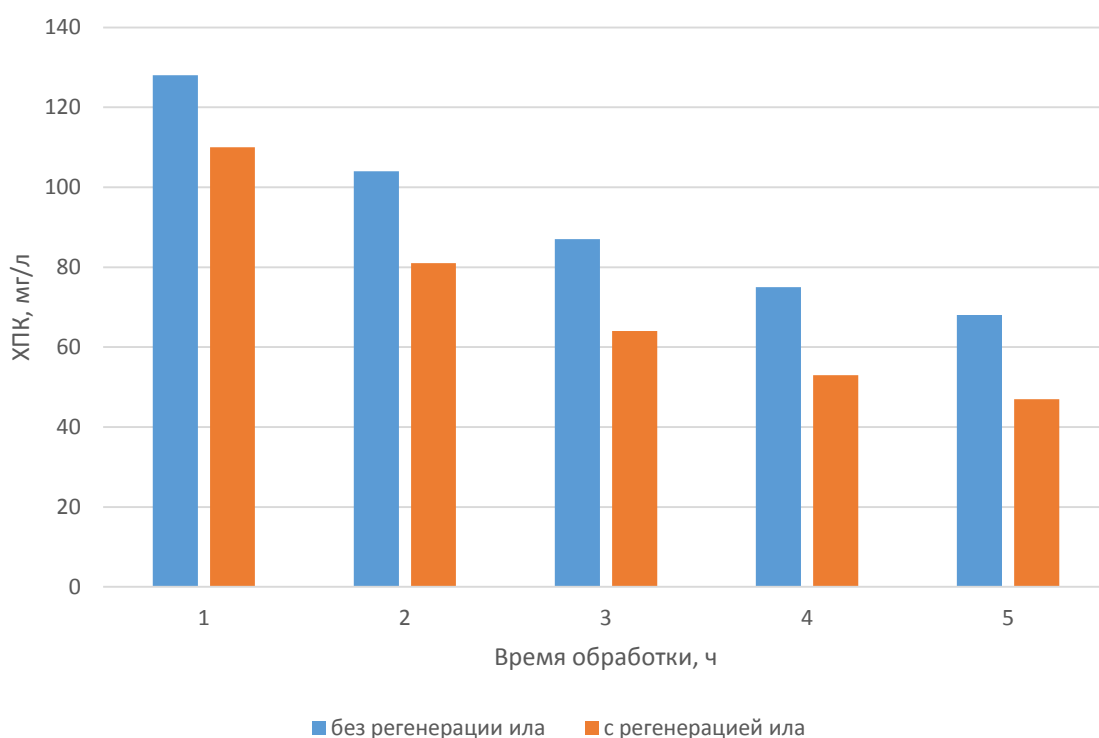


Рис. 2. – Диаграмма изменения химического потребления кислорода в процессе проведения экспериментальных исследований

Качество биологической очистки сточных вод зависело от подаваемого на электрогидродинамическое устройство напряжения, а также знака поляризации электрода. Оценка производилась поочередно для регенерированного и нерегенерированного активного ила.

Наиболее значимые результаты были достигнуты при следующих условиях.

При подаче напряжения на электрод 0,006 В, при отрицательном знаке поляризации, регенерированном иле, очищенный сток имел значение химического потребления кислорода: при значении критерия Кэмпса 2100 – 37,7 мг/л; при значении критерия Кэмпса 5000 – 25 мг/л. Эффект очистки достигал соответственно 76,5% и 84,2%.

При увеличении подаваемого напряжения на электрод до 0,012 В, при отрицательном знаке поляризации, нерегенерированном иле, очищенный сток имел значение химического потребления кислорода: при значении критерия Кэмпса 2100 – 40,6 мг/л; при значении критерия Кэмпса 5000 – 25 мг/л. Эффект очистки достигал соответственно 74,6% и 84,3%. При регенерированном иле, очищенный сток имел значение химического потребления кислорода: при значении критерия Кэмпса 2100 – 30 мг/л; при значении критерия Кэмпса 5000 – 20,5 мг/л. Эффект очистки достигал соответственно 81,3% и 87,3%.

При увеличении подаваемого напряжения на электрод до 0,024 В, при отрицательном знаке поляризации, нерегенерированном иле, очищенный сток имел значение химического потребления кислорода: при значении критерия Кэмпса 5000 – 23 мг/л. Эффект очистки достигал 85,6%. При регенерированном иле, очищенный сток имел значение химического потребления кислорода: при значении критерия Кэмпса 5000 – 18,5 мг/л. Эффект очистки достигал соответственно 88,3%.

Полученные значения ζ -потенциала для нерегенерированного ила при осуществлении биологической очистки сточных вод, при изменении подаваемого на центральный электрод напряжения (электрического потенциала) и знака поляризации, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Электро- потенциал U,	Центральный электрод	Полученное значение ζ -потенциала при критерии Кэмпса
--------------------------	-------------------------	--

кВ	(поляризация)	2100	3700	5000
		0,006	положительная	-2,8
	отрицательная	-3,1	-3,7	-4,0
0,012	положительная	-3,2	-3,9	-4,2
	отрицательная	-3,7	-4,4	-4,7
0,024	положительная	-3,7	-4,2	-4,5
	отрицательная	-4,1	-4,6	-5,1

Полученные значения ζ -потенциала для регенерированного ила при осуществлении биологической очистки сточных вод, при изменении подаваемого на центральный электрод напряжения (электрического потенциала) и знака поляризации, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Электро- потенциал U, кВ	Центральный электрод (поляризация)	Полученное значение ζ -потенциала при критерии Кэмпэ		
		2100	3700	5000
0,006	положительная	-3,1	-3,8	-4,1
	отрицательная	-3,4	-4,1	-4,4
0,012	положительная	-3,6	-4,2	-4,5
	отрицательная	-3,8	-4,6	-5,1
0,024	положительная	-3,8	-4,4	-4,9
	отрицательная	-4,0	-4,8	-5,1

Анализ полученных данных, позволяет сделать следующие выводы.

Существует прямая зависимость между значениями ζ -потенциала и напряжением (электрическим потенциалом) подаваемым на электрогидродинамическое устройство. Согласно полученным данным максимальный рост ζ -потенциала происходил при увеличении напряжения в интервале от 0,006 кВ до 0,012 кВ. Расход электричества при таких значениях напряжения не превышал 0,0012 А·ч/м³. При этом дальнейшее увеличение напряжения на электроде не привело к какому-либо серьезному изменению данного показателя. Следует также отметить, что более высокие

результаты были достигнуты при отрицательной поляризации, в сравнении с положительной. Также проведенные эксперименты показали, что обработка электрическим током нивелирует результаты для биологической очистки, проводимой с использованием регенерированного и нерегенерированного активного ила, что позволяет в дальнейшем использовать данную технологию в промышленных условиях.

Литература

1. Шамсутдинова З.Р., Хафизов Н.И. Анализ эффективности аэротенков в системе очистки сточных вод // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 4. С. 245-249.
2. Кадырова А.М. Биохимические основы методов биологической очистки сточных вод // Научный вестник технологического института. 2014. № 13. С. 315-326.
3. Dan H.N., My Phe T.T., Thanh B.X., Hoinkis J., Luu T.L. The application of intermittent cycle extended aeration systems (ICEAS) in wastewater treatment // Journal of Water Process Engineering. 2021. № 40. pp. 101909.
4. Данилович Д.А. Опыт совершенствования и оценки эффективности аэрационных систем // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 1. С. 38-51.
5. Баженов В.И., Эпов А.Н. Энергосбережение как критерий выбора аэратора // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2012. № 1. С. 2.
6. Долженко Л.И. Имобилизация активного ила на носителях биореактора в условиях нитрификации и денитрификации // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2016. № 4. С. 150-158.
7. Zhao Y., Liu D., Huang W, Yang Y., Min J., Nghiem D.L., Trinh T.Q., Ngoc H.T. Insights into biofilm carriers for biological wastewater treatment

processes: current state-of-the-art, challenges, and opportunities // *Bioresource Technology*. 2019. № 288. pp. 121619.

7. Zhao Y., Liu D., Huang W., Yang Y., Min J., Nghiem D.L., Trinh T.Q., Ngoc H.T. Insights into biofilm carriers for biological wastewater treatment processes: current state-of-the-art, challenges, and opportunities // *Bioresource Technology*. 2019. № 288. p. 121619.

8. Lianga J., Maia W., Tang J., Wei Y. Highly effective treatment of petrochemical wastewater by a super-sized industrial scale plant with expanded granular sludge bed bioreactor and aerobic activated sludge // *Chemical Engineering Journal*. 2019. № 360. pp. 15-23.

9. Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю., Камалов Р.Т. Динамика и видовой состав биоценоза иммобилизованного ила на ершовой загрузке // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2016. т. 9. № 1. С. 60-66.

10. Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А., Роденко А.В., Вострова Р.Н. Особенности биоценоза активного ила, находящегося в свободном состоянии и иммобилизованного на полимерном носителе // *Труды БГТУ. №4. Химия, технология органических веществ и биотехнология*. 2013. № 4 (160). С. 219-223.

11. Гришин Б.М., Бикунова М.В., Камбург В.Г., Кошев А.Н. Биологическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием вихревых смесительных устройств // *Региональная архитектура и строительство*. 2016. № 3 (28). С. 143-148.

12. Андреев С.Ю., Гришин Б.М., Вилкова Н.Г., Кошев А.Н., Ласьков Н.Н. Новая технология интенсификации работы городских канализационных очистных сооружений с применением вихревых гидродинамических устройств // *Водоочистка*. 2012. № 6. С. 46-56.



References

1. Shamsutdinova Z.R., Khafizov N.I. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy. 2016. № 4. pp. 245-249.
2. Kadyrova A.M. Nauchnyy vestnik tekhnologicheskogo instituta. 2014. № 13. pp. 315-326.
3. Dan H.N., My Phe T.T., Thanh B.X., Hoinkis J., Luu T.L. Journal of Water Process Engineering. 2021. № 40. pp. 101909.
4. Danilovich D.A. Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika. 2015. № 1. pp. 38-51.
5. Bazhenov V.I., Epov A.N. Nailuchshiye dostupnyye tekhnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya. 2012. № 1. pp. 2.
6. Dolzhenko L.I. Obrazovaniye i nauka v sovremennom mire. Innovatsii. 2016. № 4. pp. 150-158.
7. Zhao Y., Liu D., Huang W, Yang Y., Min J., Nghiem D.L., Trinh T.Q., Ngoc H.T. Bioresource Technology. 2019. № 288. pp. 121619.
7. Zhao Y., Liu D., Huang W, Yang Y., Min J., Nghiem D.L., Trinh T.Q., Ngoc H.T. Bioresource Technology. 2019. № 288. pp. 121619.
8. Lianga J., Maia W., Tang J., Wei Y. Chemical Engineering Journal. 2019. № 360. pp. 15-23.
9. Kulkov V.N., Solopanov E.YU., Kamalov R.T. Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. 2016. vol. 9. № 1. pp. 60-66.
10. Markevich R.M., Grebenchikova I.A., Rodenko A.V., Vostrova R.N. Trudy BGTU. №4. Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya. 2013. № 4 (160). pp. 219-223.
11. Grishin B.M., Bikunova M.V., Kamburg V.G., Koshev A.N. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo. 2016. № 3 (28). pp. 143-148.
12. Andreyev S.YU., Grishin B.M., Vilkova N.G., Koshev A.N., Laskov N.N. Vodoочистка. 2012. № 6. pp. 46-56.

Дата поступления: 8.10.2024

Дата публикации: 24.11.2024
