

К.Л. ЧЕРТЕС
О.В. ТУПИЦЫНА
О.А. САМАРИНА
С.Ю. АНДРЕЕВ

БИООКИСЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЖИДКИХ ОТХОДОВ НА КОМБИНИРОВАННЫХ БИОРЕАКТОРАХ

BIOOXIDATION OF ORGANIC IMPURITIES OF WASTE LIQUIDS ON THE COMBINED BIOREACTOR

Деятельность предприятий нефтегазового комплекса сопровождается образованием жидких и пастообразных углеводородсодержащих отходов. Распространенным способом обращения с данными видами отходов является их размещение, хранение на специально оборудованных сооружениях (шламонакопители, пруды анаэробного сбраживания и т.д.). Рассмотрены основные проблемы обработки жидких отходов нефтехимического комплекса с использованием биохимических реакторов. Приведены результаты исследований процесса биоокисления органики в водоэмульсионном слое накопителей с использованием действующей станции аэрации.

Ключевые слова: *нефтегазовый комплекс, накопитель отходов, станция аэрации, водоэмульсионный слой, биохимический реактор.*

Деятельность нефтехимических предприятий приводит к образованию углеводородсодержащих отходов. В накопителях отходы обводняются поверхностным стоком и трансформируются в водоэмульсионный слой. Жидкие отходы накопителей отрицательно воздействуют на все компоненты экосистем и должны подвергаться обезвреживанию. Наиболее распространенным методом обезвреживания жидких отходов выступает биохимическое окисление.

Актуальным выступает использование станций аэрации сточных вод для биоокисления отходов с содержанием воды более 80 % [1-4, 10-16]. Биохимическая очистка жидких отходов накопителей нефтегазового комплекса (НГК) с общим потоком стоков станции аэрации потребовала исследования процесса биоокисления смеси стоков микрофлорой сооружений для предотвращения ее ингибирования и сохранения допустимого режима работы очистных сооружений [17].

Математическое описание процессов биодеструкции органических загрязнений в биореакторе было проведено с использованием методов уравне-

Activities of oil and gas companies are accompanied by the formation of liquid and pasteous hydrocarbon waste. A common way of dealing with these types of wastes is their placement, storage in specially equipped facilities (sludge reservoirs, ponds, anaerobic digestion, etc.). Considers the major problems of processing of waste liquids of petrochemical complex with using biochemical reactor. Are presented the results of research of process of bio oxidation of organic matter in water-emulsion layer of waste storage using activated sludge plan.

Keywords: *oil and gas complex, waste storage, aeration plants, activated sludge plan, water-emulsion layer, biochemical reactor.*

ния кинетики ферментативных реакций Михаэлиса – Ментена. Значения кинетических констант в ячейках были определены графоаналитическим методом двойных обратных величин (рис. 1) [15].

На основании обработки экспериментальных данных графоаналитическим методом определены величины максимальной скорости биохимического окисления и величины констант полунасыщения (табл. 1). Полученные данные показывают, что при прохождении биологической очистки величина константы полунасыщения K_L снижается [5]. Поскольку константа K_L характеризует селективность ферментов по отношению к субстрату, можно сделать вывод, что селективность фермента на первой ступени биологической очистки существенно меньше, чем на последней, что приводит к увеличению глубины очистки от трудноокисляемых органических загрязнений на последних ступенях [6].

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о ярко выраженном ингибировании процессов биологической очистки.

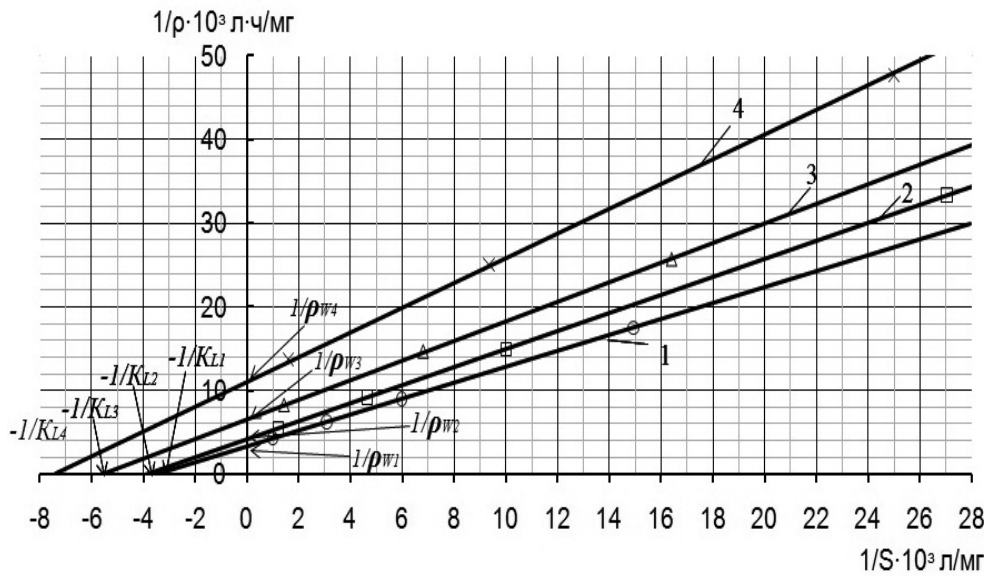


Рис. 1. Графики двойных обратных величин зависимостей удельных скоростей окисления органических загрязнений ρ_w от их концентрации S на выходе из ячеек биореактора: 1 – первая ячейка биореактора; 2 – вторая ячейка биореактора; 3 – третья ячейка биореактора; 4 – четвертая ячейка биореактора

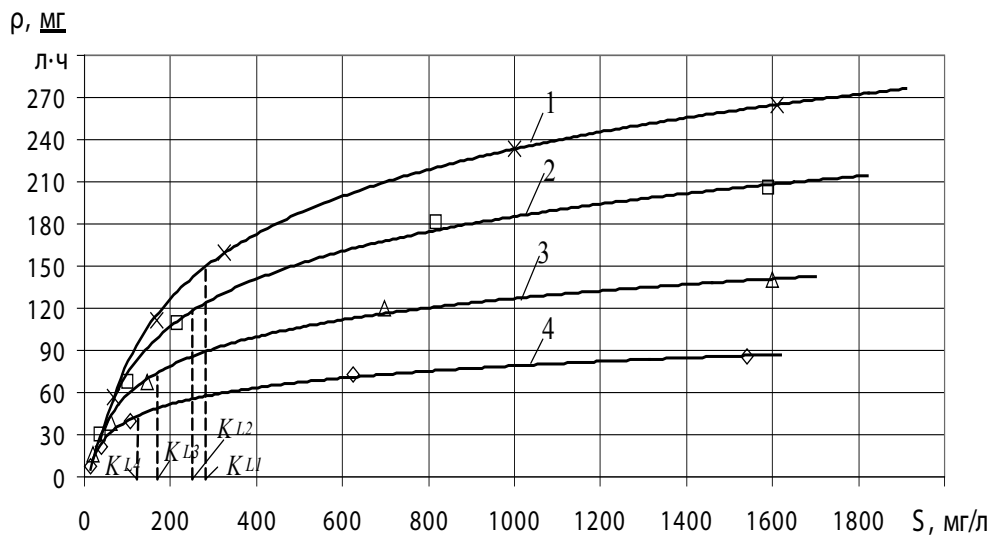


Рис. 2. Зависимость величины удельной объемной скорости окисления органических загрязнений (БПК_{полн}) в ячейках биореактора ρ_w от концентрации органических загрязнений на выходе из ячейки S : 1 – первая ячейка биореактора; 2 – вторая ячейка биореактора; 3 – третья ячейка биореактора; 4 – четвертая ячейка биореактора

Зависимость величины удельной объемной скорости окисления органических загрязнений (БПК_{полн}) в ячейках биореактора от концентрации органических загрязнений в сточных водах на выходе из ячейки представлена на рис. 2.

Имеющиеся данные показывают, что ферментативные реакции являются реакциями первого порядка. Основные показатели процесса биоокисления смеси жидких отходов накопителей и сточных вод

станции аэрации в ячейках биореактора представлены в табл. 1.

Проведенные исследования показали, что деление процесса биологической очистки по ступеням позволяет поддерживать высокие скорости окисления в первых ячейках и обеспечивать глубокую деструкцию загрязнений на последующих ячейках [7, 8, 16].

Для подтверждения эффективности очистки исследуемого смешанного стока с использованием

Показатели процесса биологической очистки смеси жидких отходов накопителей НГК и сточных вод станции аэрации в ячейках биореактора

Показатели процесса биологической очистки	Значения показателей биологической очистки			
	в первой ячейке биореактора	во второй ячейке биореактора	в третьей ячейке биореактора	в четвертой ячейке биореактора
Константа полунасыщения K_L , мг/л	286	256	176	130
Максимальная скорость окисления органических загрязнений Q_{wmax} , мг/л·ч	301	238	150	88
Окислительная мощность ОМ, кг/м ³ сут	$\frac{1,37-5,62}{3,49}$	$\frac{0,72-4,34}{2,53}$	$\frac{0,38-2,88}{1,63}$	$\frac{0,19-1,75}{0,97}$
Коэффициент скорости окисления органических загрязнений K_w	$\frac{0,210-0,616}{0,413}$	$\frac{0,200-0,594}{0,397}$	$\frac{0,159-0,566}{0,363}$	$\frac{0,110-0,480}{0,295}$
Суммарный эффект окисления органических загрязнений в биореакторе $\Xi_{БПК_{поп}}$, %	$\frac{19-46}{32,5}$	$\frac{34-70}{51,9}$	$\frac{43-83}{63,2}$	$\frac{49-90}{69,4}$

Примечание. В знаменателе показано среднее значение рассматриваемого показателя.

микрофлоры был организован промышленный эксперимент по сбросу нарастающих партий жидких отходов накопителей на действующую станцию аэрации одного из предприятий нефтегазового комплекса Самарской области.

Сброс жидких отходов накопителей НГК на станцию аэрации сопровождался оперативным лабораторно-технологическим контролем состояния всех сооружений.

Полупроизводственный эксперимент подтвердил возможность обработки жидких отходов накопителей в существующих условиях работы станции аэрации. Однако значение рациональной объемной кратности разбавления жидких отходов накопителей общим потоком сточных вод, поступающих в аэротенк, в 40 раз больше значения, полученного при очистке данной смеси с использованием биореакторов. Реконструкция части бездействующих аэротенков в биореакторы способствует ускорению ликвидации жидких отходов в несколько раз.

Результаты исследований по биодеструкции жидких отходов накопителей позволили разработать мероприятия по созданию на базе станций аэрации комплексных предприятий обработки гетерофазных отходов, а также выполнить их конструктивно-технологическое оформление [3, 18].

Для обработки жидких отходов накопителей НГК в схему станции аэрации предлагается ввести

технологические блоки очистки жидких отходов, обработки донных шламов накопителей, а также избыточной биологической пленки. Все технологические блоки выполнены на базе бездействующих секций полимерловушек, усреднителей, отстойников, аэротенков и иловых площадок. Реконструированные емкости предлагается увязать в единый технологический цикл с действующими сооружениями.

Сооружения бывших секций аэротенков, ранее предназначенных для биологической очистки, предлагается реконструировать в комбинированные биореакторы с иммобилизованной микрофлорой. Реконструкцию емкостей аэротенков в биореакторы с установкой блоков загрузочного материала для иммобилизации и наращивания микрофлоры предлагается произвести по разработанной и запатентованной модели [9].

Для совместной биохимической очистки жидких отходов накопителей НГК и стоков, поступающих на станцию аэрации, были определены две группы показателей контроля над ходом процесса: аналитическая и технологическая. Аналитическая группа является первоочередной в системе контроля и составляет основу расчета показателей технологической группы [18]. В нее включены основные загрязняющие вещества, присутствующие в жидком отходе накопителя НГК и общем потоке станции аэрации. В технологическую группу входят

показатели контроля работы станции аэрации, а также показатели контроля расхода жидкого отхода накопителя: объемная и концентрационная кратности разбавления.

Вывод. Исследования позволили обосновать направления и способы ведения рекультивационных работ, разработать принципиальные технологические решения ликвидации накопителей отходов ОАО «Куйбышевский нефтеперерабатывающий завод» и ОАО «Самаранефтегаз», с созданием комплексов производства рекультивационных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чертес К.Л., Самарина О.А., Тупицына О.В. Обработка высококонцентрированных сточных вод накопителей углеводородсодержащих отходов: монография / Самарск. гос. тех. ун-т. Самара, 2011. 149 с.
2. Тупицына О.В., Самарина О.А., Бальзанников М.И., Андреев С.Ю., Чертес К.Л. Ликвидации накопителей отходов нефтегазового комплекса с использованием станций аэрации [Электронный ресурс] // Нефтегазовое дело: электронный науч. журнал. 2012. № 4. С. 223-230. Режим доступа: http://www.ogbus.ru/authors/Tupitsyna/Tupitsyna_1.pdf.
3. Чертес К.Л., Тупицына О.В., Пыстин В.Н. Геоэкологическая оценка накопителей шламов водного хозяйства и разработка технологий их ликвидации // Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 110–129.
4. Чертес К.Л., Тупицына О.В., Самарина О.А., Истомина Е.В., Быков Д.Е. Очистка водного слоя накопителей нефтехимических отходов на станциях аэрации // Вестник МГСУ. 2009. № 4. С. 273-280.
5. Самарина О.А. Совершенствование технологии обработки высококонцентрированных сточных вод накопителей нефтехимических предприятий: дис. ... к.т.н. Пенза, 2011. 141 с.
6. Андреев С.Ю. Теоретические основы процессов генерации динамических двухфазных систем вода-воздух и их использование в технологиях очистки воды: монография / Пенз. гос. ун-т архитектуры и стр-ва. Пенза, 2005.
7. Чертес К.Л., Быков Д.Е., Тупицына О.В. Интенсивная биотермическая обработка шламовых отходов нефтяного комплекса // Экология и промышленность России. 2010, март. С. 36-39.
8. Тупицына О.В., Зеленцов Д.В., Гришин Б.М., Андреев С.Ю., Чертес К.Л. Обработка осадков нефтесодержащих сточных вод: монография / Самарск. гос. тех. ун-т. Самара, 2012. 112 с.
9. Патент № 85472 РФ, МПК С 02 F 3/00; С 02 F 3/02. Реактор доочистки сточных вод / Тупицына О.В., Чертес К.Л., Быков Д.Е., Радомский В.М., Самарина О.А. – № 2009100352/22 ; заявл. 11.01.09 ; опубл. 10.08.09.

10. Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 4(13). Совершенствование систем водоснабжения и водоотведения по очистке природных сточных вод. 113 с.

11. Сташок Ю.В., Блинкова Л.А. Анализ работы действующих сооружений биологической очистки Сызранского НПЗ // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 4(13). С. 75-79. DOI: 10.17673/Vestnik.2013. S. 4.21.

12. Стрелков А.К., Шувалов М.В., Теплых С.Ю., Горшكالев П.А., Мурадян Ю.В. О необходимости модернизации существующих очистных сооружений Самарской области и получения разрешительных документов на сброс сточных вод в условиях действующего законодательства // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 4(13). С. 89-92. DOI: 10.17673/Vestnik.2013. S. 4.24.

13. Шабанов В.А., Бауман М.А. Мониторинг качества поверхностного стока, поступающего в городские водоемы, имеющие особое значение // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, №1-4. С. 1043-1047.

14. Чертес К.Л., Зеленцов Д.В., Сафонова Н.А., Пыстин В.Н., Малиновский А.С., Бикунцова М.В. Обработка осадков сточных вод нефтяного комплекса // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 2. С. 159-166.

15. Степанов С.В., Стрелков А.К., Блинкова Л.А., Морозова К.М., Беляков А.В. Определение кинетических констант для процессов биохимической очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 2. С. 46-50.

16. Степанов С.В., Стрелков А.К., Степанов А.С., Швецов В.Н., Морозова К.М., Каленюк В.А. Биологическая и биомембранная очистка сточных вод нефтехимического производства // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 7. С. 55-60.

17. Степанов С.В., Стрелков А.К., Сташок Ю.Э., Дубман И.С., Беляков А.В. Опыт проектирования очистных сооружений нефтеперерабатывающих заводов // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 8. С. 67-70.

18. Быков Д.Е., Тупицына О.В., Гладышев Н.Г., Зеленцов Д.В., Гвоздева Н.В., Самарина О.А., Цимбалюк А.Е., Чертес К.Л. Комплекс биодеструкции нефтеотходов // Экология и промышленность России. 2011. № 3. С. 33-34.

© Чертес К.Л., Тупицына О.В., Самарина О.А., Андреев С.Ю., 2015

Об авторах:

ЧЕРТЕС Константин Львович

доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. (846)337-15-97
E-mail: chertes2007@yandex.ru

ТУПИЦЫНА Ольга Владимировна

доктор технических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. 8-927-687-06-03
E-mail: olgatupicyna@yandex.ru

САМАРИНА Оксана Алексеевна

кандидат технических наук, старший научный сотрудник Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. 8-927-726-08-51
E-mail: SamarinaOA@yandex.ru

АНДРЕЕВ Сергей Юрьевич

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения, водоотведения и гидротехники Пензенский государственный университет архитектуры и строительства 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, тел. (8412) 92-05-08
E-mail: voda@pguas.ru

CHERTES Konstantin

doctor of technical science, professor of the Chemical Technology and Industrial Ecology Department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, tel. (846)337-15-97
E-mail: chertes2007@yandex.ru

TUPICYNA Olga

doctor of technical science, associate professor of the chemical technology and industrial ecology department Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, tel. 8-927-687-06-03
E-mail: olgatupicyna@yandex.ru

SAMARINA Oksana

candidate of technical science, senior research assistant Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya St., 244, tel. 8-927-726-08-51
E-mail: SamarinaOA@yandex.ru

ANDREEV Sergey

doctor of technical science, professor of the water supply, drainage and sewage department Penza State University of Architecture and Construction 440028, Russia, Penza, German Titov St., 28, tel. (8412) 92-05-08
E-mail: voda@pguas.ru

Для цитирования: Чертес К.Л., Тупицына О.В., Самарина О.А., Андреев С.Ю. Биоокисление органических загрязнений жидких отходов на комбинированных биореакторах // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 54-58.

For citation: Chertes K.L., Tupicyna O.V., Samarina O.A., Andreev S. Yu. Biooxidation of organic impurities of waste liquids on the combined bioreactor // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. 2015. № 3. (20). Pp. 54-58.