

Дао Линь Тхи Тху, Нго Куен Куи, О. Н. Ильинская

АНАЛИЗ РАБОТЫ УСТАНОВКИ БИООЧИСТКИ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД В БИОРЕАКТОРЕ

Ключевые слова: нефтехимические сточные воды, стирол, окись пропилена, оптическая плотность, биологическая предварительная обработка.

В работе определены величины нагрузки по органическим загрязнениям необработанной и обработанной сточных вод, а также рассчитана эффективность процесса предварительной биочистки. Определена концентрация биомассы с помощью измерения оптической плотности при длине волны 600 нм. Показано, что данная сточная вода характеризуется экстремальной концентрированностью. Значение ХПК поступающей сточной воды варьировала от 8976 до 45264 мг/л, тогда как скорость подачи загрязнений по ХПК составила от 65.7 до 1005 кг/ч. При этом эффективность процесса предочистки в биореакторе составила от 45 до 63 % за анализируемый период. Степень очистки от индивидуальных загрязнений составила от 50 до 100 %, в среднем, за период обследования – 89.6 %. Оптическая плотность при длине волны 600 нм достигала 0.45 ед. при максимальной эффективности процесса предочистки.

Keywords: petrochemical wastewaters, styrene, propylene oxide, optical density, biological pre-treatment.

In this paper we determined the organic loading values of influent and effluent wastewaters and estimated the pre-treatment efficiency. The microbial biomass concentration was determined by measuring optical density at 600 nm wavelength. It was shown that the studied wastewater is characterized as extremely concentrated one. COD value of the influent wastewater ranged from 8976 to 45264 mg/l, while the feed rate of COD pollution ranged from 65.7 to 1005 kg/h. The efficiency of the pretreatment process in the bioreactor ranged from 45 to 63 % during the analyzed period. The purification degree of the individual pollutants varied from 50 to 100 % on average and was 89.6 % during analyzed period. The optical density at 600 nm reached 0.45 units at the maximum efficiency of the pretreatment.

Введение

Производство стирола с окисью пропилена (СОП) нефтехимического комплекса ОАО «Нижнекамскнефтехим» (ОАО «НКНХ») сопряжено с образованием концентрированных сточных вод, которые должны подвергаться сжиганию, поскольку нагрузка по количеству загрязнений в этих стоках многократно превышает допустимую нагрузку на активный ил [1, 2].

Сравнительный анализ показывает, что известные физико-химические методы глубокой очистки сточных вод нефтехимической и химической отраслей, как правило, технологически сложны, требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат и связаны с образованием вторичных отходов [3]. Поэтому они используются обычно для предобработки промышленных отходов перед их биологической очисткой. Альтернативой этим физико-химическим методам может служить локальная биологическая предобработка концентрированных сточных вод перед их поступлением в традиционные аэротенки [4].

Во всех современных биотехнологиях обезвреживания, переработки и утилизации отходов решающая роль принадлежит биоте, а именно собственным бактериям, археям и микроэукариотам. Их численность и огромный потенциал как биологических катализаторов являются той основой, которая обеспечивает вовлечение самых разных по строению и свойствам загрязнений в природные биогеохимические циклы [5-7]. С этих позиций изучение потенциальных возможностей микроорганизмов очистных сооружений производства СОП необходимо для научно обоснованного прогнозирования и повышения эффективности обезвреживания и очи-

стки сточных вод данного производства, особенно в условиях экстремальных нагрузок по совокупности загрязнений и их составу [8, 9].

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили сточные воды совместного производства СОП предприятия ОАО «НКНХ».

Пробы отбирали при поступлении сточной воды в биореактор, в биореакторе и на выходе из него, доставляли на кафедру микробиологии Казанского федерального университета и хранили при 4°C. Анализ проводили в течение 24 ч после доставки.

Химическое потребление кислорода (ХПК) анализировали методом, основанным на окислении органических веществ до CO_2 и H_2O бихроматом калия в присутствии сульфата серебра в качестве катализатора и 50% (по объему) серной кислоты [10, 11].

Эффективность удаления основных компонентов сточной воды производства СОП рассчитывали по следующей формуле:

$$\Xi = 100\% - \frac{\text{концентрация компонентов после биореактора}}{\text{концентрация компонентов до биореактора}} \times 100\%$$

Оптическую плотность образцов измеряли на фотоэлектроколориметре (ФЭК) при длине волны 600 нм (OD_{600}).

Результаты и их обсуждение

Сточная вода производства СОП характеризуется высокой концентрированностью [12-14]. На установке очистки сточных вод производства СОП в биореакторе проводится реконструкция биореактора каждым летом. Был запущен узел очистки отработанного воздуха. Была изучена возможность снижения подачи в биореактор сточных вод за счет увели-

чения нагрузки на установку биоочистки сточных вод. Проведенное ранее обследование работы первого по времени запущенного биофильтра показало его высокую эффективность. Степень очистки от индивидуальных загрязнений составила от 50 до 100 %, в среднем, за период обследования – 89.6 %. Решение проблемы очистки отработанного воздуха позволило начать предпринимать попытки увеличения гидравлической нагрузки на установку при сохранении прежнего уровня загрязненности поступающего на обработку стока. В соответствии с программой было принято решение об испытании повышенных нагрузок на установку не только по гидравлике, но и по уровню загрязненности поступающего на очистку стока. Испытания проводили до момента остановки производства СОП на капремонт.

Анализируемый период работы установки можно условно разделить на несколько частей, отличающихся скоростью подачи загрязнений на очистку. В первый период скорость подачи загрязнений по ХПК на установку составила 65.7 кг/ч (рис. 1).

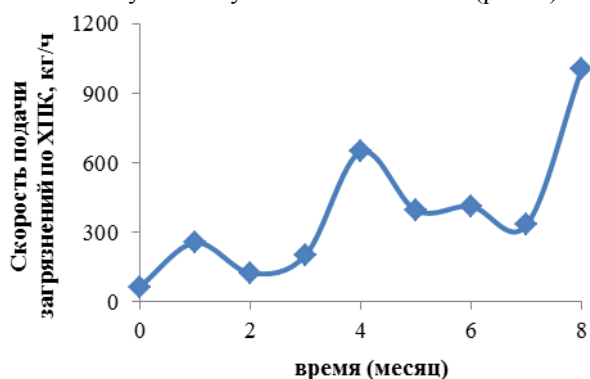


Рис. 1 – Скорость подачи загрязнений по ХПК на установку предварительной биоочистки сточных вод

При этом ХПК поступающей на очистку сточной воды составляло 8976 мг/л (рис. 2). В дальнейшем время скорость подачи загрязнений (по ХПК) увеличилась от 126 до 1005 кг/ч, тогда как значение ХПК необработанной сточной воды составило от 15667 до 45264 мг/л.

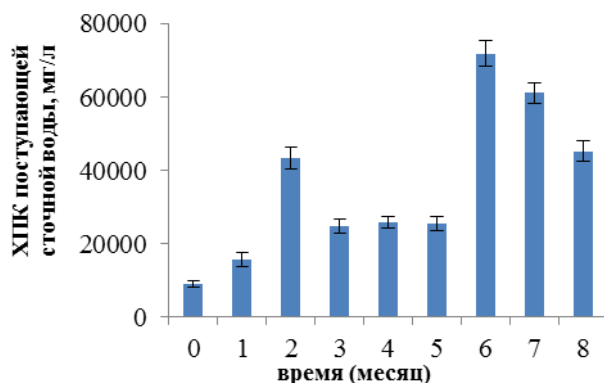


Рис. 2 – Величина ХПК необработанной сточной воды

Результаты измерения ХПК очищенной воды (рис. 3) показали, что эффективность очистки данных сточных вод за анализируемый период составляла от 45 до 64 %.

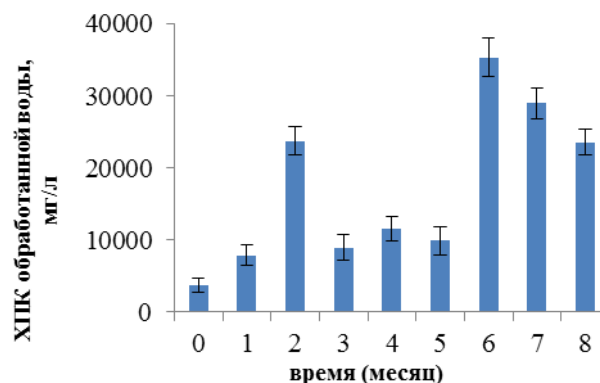


Рис. 3 – Значения ХПК обработанной воды

Концентрация биомассы в биореакторе, представлена на рисунке 4. Видно, что концентрация биомассы в биореакторе варьировала от 0.15 до 0.45 ед. Было отмечено снижение концентрации биомассы биореакторе после 4-го месяца. Возможно, это связанное с увеличением гидравлической нагрузки.

Было принято решение о проведении опытно-промышленных испытаний по увеличению скорости подачи загрязнений на установку. Увеличение нагрузки рекомендовано осуществлять за счет повышения концентрации поступающих на очистку стоков до значений ХПК 60000 – 70000 мг/л. ХПК поступающего на установку стока было нестабильно и составляло от 8976 до 45264 мг/л (рис. 2). ХПК очищенной воды составляло от 3724 до 35360 мг/л (рис. 3).

Необходимо отметить, что даже при повышенных и крайне нестабильных нагрузках биомасса сохранила свою жизнеспособность, хотя концентрация её к началу анализируемого периода составила 0.15 ед. оптической плотности, что объясняется ингибированием микробного роста высокими концентрациями токсичных компонентов данных сточных вод. В дальнейшем время оптическая плотность повышалась, что соответствует повышению эффективности процесса предочистки.

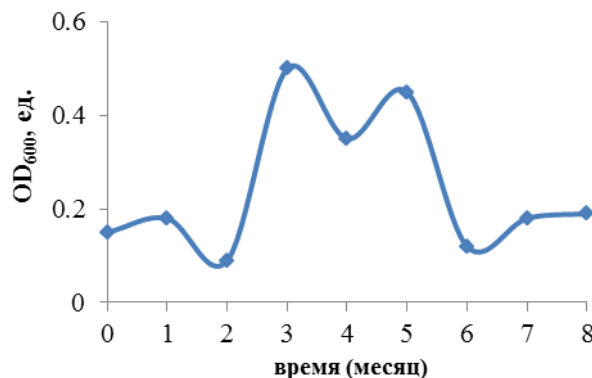


Рис. 4 – Концентрация биомассы в биореакторе

Следует заметить, что работа установки в экстремальных условиях отрицательно сказывалась на состоянии биомассы, уменьшая количество жизнеспособных суспендированных клеток.

Таким образом, исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что даже при работе в экстремальных условиях установка позволяла утилизировать от 65.7 до 1005 кг/ч загрязнений, предотвращая поступление залповых нагрузок на биологическую очистку систему.

Заключение

Сточные воды производства СОП, содержащие токсичные органические вещества проходят процесс предочистки в бioreакторе для предотвращения залповых нагрузок на активный ил. В дальнейшем для снижения выбросов в атмосферу был разработан метод очистки отработанного воздуха от бioreактора в установленном для этой цели биофилтре. Сточные воды, поступающие на биоочистку, представляют собой многокомпонентный субстрат. В микробном сообществе на данном субстрате развиваются только те виды микроорганизмов, для которых данный субстрат не токсичен и которые могут расти за счет использования одного, двух или нескольких веществ, входящих в состав сточных вод или их метаболитов. Процесс изъятия и потребления органических примесей сточных вод состоит из следующих этапов: массопередача органического вещества к поверхности клетки; диффузия вещества через мембрану клетки; метаболизм внутриклеточных субстратов, сопровождающийся приростом биомассы, выделением энергии, воды, двуокиси углерода. Наиболее важным этапом является метаболизм вещества. Именно на нем, в зависимости от состава сообщества и загрязнений, идет полное или частичное окисление органических и неорганических веществ.

Литература

1. I. Oller, S. Malato, J.A. Sánchez-Pérez, *Science of the Total Environment*, **409**, 4141-4166 (2011);
2. G. Tchobanoglous, F. L. Burton, H. D. Stensel, *Wastewater engineering: treatment and reuse*. McGraw-Hill Science Engineering, New York, USA, 2003, С. 16-29;
3. А.Н. Илялетдинов, Р.М. Алиева, *Микробиология и биотехнология очистки промышленных сточных вод*. Алма-Ата: Гылым, 1990, С.17-23;
4. X. Zhao, Y. Wang, Z. Ye, G.L.B. Alistair, J. Ni, *Process Biochemistry*, **41**, 1475-1483 (2006);
5. S. Wasi, S. Tabrez, M. Ahmad, *Water, Air, & Soil Pollution*, **220**, 1-4, 89-99 (2011);
6. С.П. Зубрилов, *Охрана окружающей среды при эксплуатации судов*. Судостроение, Санкт Петербург, 1989, С. 99-101;
7. О. Ivanchenko, O. Ilinskaya, I. Skipina, Z. Kruglova, A. Petrov, *New Microbiotests for Routine Toxicity Screening and Biomonitoring*, 511-516 (2000);
8. L. Dao, T. Grigoryeva, L. Alexander, R. Devjatjarov, O. Ilinskaya, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.07.012> (2014);
9. Дао Линь Тхи Тху, Т. В. Григорьева, Р. М. Девятяров, Нго Куен Куи, О. И. Якушева, В. Н. Никонорова, О. Н. Ильинская, *Вестник КТУ*, **16**, 7, 158-160 (2013);
10. Ю.Ю. Лурье, Аналитическая химия промышленных сточных вод. Химия, Москва, 1984, 448 с;
11. ГОСТ Р 52708-2007. Вода. Метод определения химического потребления кислорода. Стандартинформ, Москва. 2007. 12 с;
12. Дао Линь Тхи Тху, Т. В. Григорьева, Нго Куен Куи, О. И. Якушева, В. Н. Никонорова, О. Н. Ильинская, *Вестник КТУ*, **16**, 10, 182-185 (2013);
13. Линь Дао Тхи Тху, Т.В. Григорьева, О.И. Якушева, В.Н. Никонорова, О.Н. Ильинская, *Ученые Записки Казанского университета*, **155**, 2, 138-146 (2013);
14. Дао Линь Тхи Тху, Нго Куен Куи, О.Н. Ильинская, *Вестник КТУ*, **17**, 1, 178-180 (2014).

© Дао Линь Тхи Тху – асп. каф. микробиологии К(П)ФУ, linhdao.kpfu@gmail.com; Нго Куен Куи – асп. каф. технологии синтетического каучука КНКТУ, quyenkazan@gmail.com; О. Н. Ильинская – д-р биол. наук, проф., зав. каф. микробиологии К(П)ФУ, ilinskaya_kfu@mail.ru.

© Dao Thi Thuy Linh – PhD student, Department of Microbiology, Kazan (Volga Region) Federal University, linhdao.kpfu@gmail.com; Ngo Quy Quyen – PhD student, Department of Technology of synthetic rubber KNRTU, quyenkazan@gmail.com; O. N. Ilinskaya – Doctor Sci., Professor, Head of the Department of Microbiology, Kazan (Volga Region) Federal University, ilinskaya_kfu@mail.ru.