

УДК 579.695

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ УСТАНОВКИ БИООЧИСТКИ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММОБИЛИЗОВАННОЙ МИКРОФЛОРЫ

*Линь Дао Тхи Тху, Т.В. Григорьева, О.И. Якушева,
В.Н. Никонорова, О.Н. Ильинская*

Аннотация

В статье представлена система предочистки нефтехимических сточных вод производства окиси пропилена и стирола в биореакторе, позволяющая снизить токсическую нагрузку стоков на активный ил, осуществляющий последующую очистку стоков в аэротенках. В сточной воде, поступающей в биореактор, кроме стирола и окиси пропилена присутствуют ацетофенон, метилфенилкарбинол, бензол, фенол, моно- и дипропиленгликоль, пропанол, этанол и др. Рекомендованы различные иммобилизующие носители для увеличения эффективности процесса. Выявлено, что наиболее эффективным иммобилизующим материалом по сравнению с пенополиуретаном и активированным углем является стекловолокно в виде ерша. Проанализированы параметры установки и определена эффективность предобработки для каждого носителя. При использовании носителя в виде стекловолоконного ерша эффективность удаления органических соединений достигает 96%.

Ключевые слова: нефтехимические сточные воды, стирол, окись пропилена, предварительная биологическая очистка, иммобилизация, пенополиуретан, активированный уголь, стекловолоконный ерш.

Введение

Значительный спрос на нефтехимическую продукцию побуждает промышленные предприятия соответствующего профиля расширять и повышать объем своего ассортимента [1]. В этих отраслях на стадиях дегидратации, дегидрирования, окисления органических соединений или отмывки водой, могут образовываться высококонцентрированные сточные воды, содержащие токсичные соединения, такие как ацетофенон, метилфенилкарбинол, бензол, фенол, моно- и дипропиленгликоль, пропанол, этанол и др. [2–4]. Следовательно, разработка и внедрение экономичных и эффективных методов очистки данных сточных вод весьма актуальна [5–7].

Во всех современных биотехнологиях обезвреживания сбрасываемых сточных вод решающая роль принадлежит биологической очистке, которая осуществляется микроорганизмами активного ила в аэротенках [8]. Однако нефтехимические стоки непригодны для очистки традиционными биологическими методами, так как уровень их органического загрязнения намного превышает допустимую нагрузку на активный ил. Для устранения отрицательного воздействия на активный ил требуется предварительная очистка концентрированных

нефтехимических сточных вод перед их поступлением в общезаводские очистные сооружения.

Предлагаемым решением этой проблемы является предварительная обработка таких стоков в локальных условиях в биореакторе. Однако концентрированные сточные воды подобного состава плохо поддаются биологической очистке из-за высокого уровня загрязнений и токсичности [9], и в результате поступления в очистные сооружения могут создать стрессовые ситуации и оказать губительное действие на микрофлору аэротенков [10, 11]. Одним из приоритетных и перспективных направлений является создание биотехнологий интенсивной очистки локальных промышленных сточных вод с использованием высокоактивных специализированных микробных комплексов и устройств для реализации эффективной очистки [12]. Для повышения концентрации биомассы с целью увеличения степени очистки используется технология иммобилизации микроорганизмов на полимерном носителе. Иммобилизация имеет ряд преимуществ по сравнению с суспензионным процессом, поскольку способствует повышению концентрации в системе очистки микроорганизмов деструкторов, защите сообщества от вымывания, увеличению активности процессов деградации органических веществ, снижению концентрации взвешенных веществ и повышению устойчивости биоценоза к неблагоприятным факторам, в том числе дефициту растворенного кислорода. Известны технологии обработки сточных вод с высоким уровнем органических загрязнений, которые включают использование иммобилизованных микроорганизмов [13-15].

Настоящая работа посвящена анализу возможности снижения уровня загрязнения сточных вод производства окиси пропилена со стиролом биологическим путем и повышению эффективности процесса обезвреживания стоков при использовании иммобилизованной микрофлоры.

1. Материалы и методы исследования

1.1. Объект исследования и схема эксперимента. Объектом исследования служили сточные воды совместного производства стирола и окиси пропилена (СОП), подвергаемые предварительной обработке на экспериментальной установке биологической очистки ОАО «Нижнекамскнефтехим». Установка, осуществляющая предварительную биоочистку исследуемых сточных вод, сконструирована по принципу проточного биореактора. Исследуемая локальная система очистки включает в себя ферментер, который предназначен для наращивания биомассы в пусковой период. В самом биореакторе имеется кольцевая перегородка для отделения зоны флотации от зоны аэрации. В зоне аэрации предусмотрена площадка для закрепления насадки с иммобилизующим материалом для микроорганизмов. Обработанная вода после биореактора направляется на общезаводские очистные сооружения и подвергается обработке активным илом [16]. Эксперименты проводили в течение 46 месяцев при использовании накопительной культуры микроорганизмов, полученной в лабораторных условиях. В первый период (до 20 месяцев) не использовали носители для закрепления микрофлоры, а во второй период (с 37 до 46 месяцев) исследовали различные варианты иммобилизации микрофлоры. В качестве иммобилизующих носителей испытывали следующие материалы: пенополиуретан, активированный

уголь, а также носитель в виде ершей, изготовленных из стекловолокна. Эффективность биологической предочистки исследуемых сточных вод в различных режимах работы экспериментальной установки оценивали на протяжении всего эксперимента по изменению показателя химического потребления кислорода (ХПК). Эксперименты проводили в промышленных условиях на локальных очистных сооружениях.

1.2. Биологический материал. В настоящем исследовании использовали высокоактивное сообщество культивируемых микроорганизмов, способное к деструкции компонентов сточных вод производства СОП, полученное в лабораторных условиях по способу накопительных культур и адаптации. В качестве источников накопительной культуры использовали микробное сообщество активного ила общезаводских очистных сооружений ОАО «Нижнекамскнефтехим», микрофлору почв и шламов ряда нефтехимических производств, а также микроорганизмы из музея кафедры микробиологии Казанского федерального университета.

Накопительную культуру бактерий выращивали на жидкой среде, основу которой составляла реальная сточная вода, с поэтапным повышением суммарной концентрации органических загрязнений. В качестве минерального питания вносили биогенные элементы – азот и фосфор – в виде солей (г/л): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 1.18, KH_2PO_4 – 0.46, Na_2HPO_4 – 3.042, pH среды – 7.2. На начальном этапе подбора культур в качестве стимулятора роста в среду добавляли дрожжевой экстракт в количестве 0.005–0.5 г/л. Микроорганизмы выращивали в условиях периодического культивирования при принудительной аэрации (прокачивание при 120–180 об/мин) в 0.25–0.5-литровых колбах, содержащих 50–100 мл среды при температуре 28–30 °С, или в термостате в стационарных условиях при заданной температуре.

1.3. Методы химического анализа. Содержание органических веществ в сточных водах оценивали по ХПК, которое определяли стандартным бихроматным методом [17]. Измерения ХПК производили для сточных вод на входе установки предочистки и на выходе из биореактора. Величину pH необработанных сточных вод определяли потенциометрическим способом с помощью иономера универсального ЭВ-74 с использованием стеклянного электрода [18].

1.4. Статистическая обработка результатов. В работе применяли методы математической статистики, а также программное обеспечение Excel 5.0/2003. При описании и сравнении показателей ХПК, характеризующихся нормальным распределением, использовали стандартный набор параметров: среднее арифметическое, квадратичное отклонение, стандартная ошибка среднего арифметического. В качестве критерия достоверности получаемых разностей показателя ХПК в ходе очистки, а также оценки эффективности этого процесса использовали критерий Стьюдента, принимая $P < 0.05$ за достоверный уровень значимости. Представление результатов на графиках: среднее \pm стандартное отклонение.

2. Результаты и их обсуждение

Необработанные сточные воды, отобранные с производства СОП, характеризуются высокой щелочностью, их pH варьирует от 10.6 до 12. Поэтому перед поступлением в реактор сточные воды нейтрализуют кислотой до pH 7.5–8.8.

Динамика ХПК сточных вод на входе и выходе из биореактора предпочистки без использования иммобилизующего материала представлена на рис. 1. В этом случае ХПК поступающей на очистку сточной воды варьировало от 2700 до 36800 мг О₂/л. Такие высокие значения ХПК затрудняли работу установки вследствие невозможности поддержания высокой концентрации биомассы. При этом эффективность очистки стоков в биореакторе составляла величину до 59% от общего содержания органических соединений.

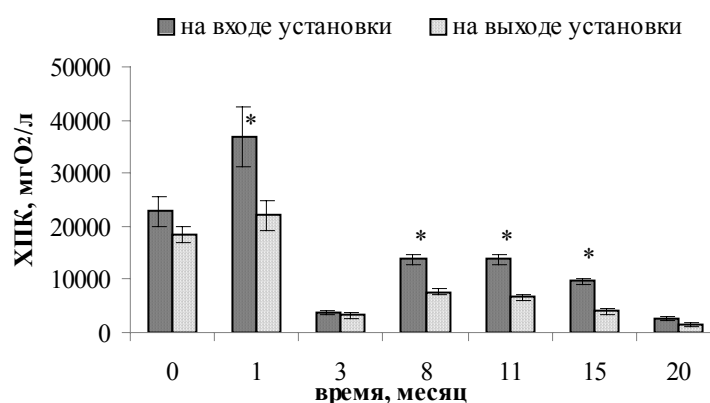


Рис. 1. Динамика ХПК сточных вод на входе и выходе из биореактора предпочистки без использования иммобилизующего материала, Звездочкой обозначены статистически значимые результаты ($n = 3, P < 0.05$)

Полученные результаты свидетельствуют о том, что биореактор преобразования может работать эффективно, однако целесообразно изучить возможность повышения эффективности процесса обезвреживания изучаемых сточных вод за счет увеличения концентрации биомассы, в частности, путем ее иммобилизации на подходящем носителе.

В исследованном нами периоде времени (20 месяцев) изначально биореактор работал практически без возврата биомассы, при этом необходимо было постоянно добавлять в реактор культивируемое в лабораторных условиях сообщество микроорганизмов-деструкторов загрязнений. Для поддержания высокой концентрации и предотвращения вымывания биомассы из реактора исследовали иммобилизацию биомассы на различных носителях [15].

Испытание исследуемых материалов в условиях непрерывного культивирования показало, что наиболее эффективно биомасса иммобилизуется на ершах из стекловолокна. Снижение концентрации загрязнений в сточной воде достигало 96% при начальном ХПК 5300–9800 мг О₂/л (рис. 2).

В том случае, когда носителем служил активированный уголь, впервые 10 дней работы микробного сообщества была зафиксирована максимальная эффективность удаления органических веществ (до 92%). Это объясняется

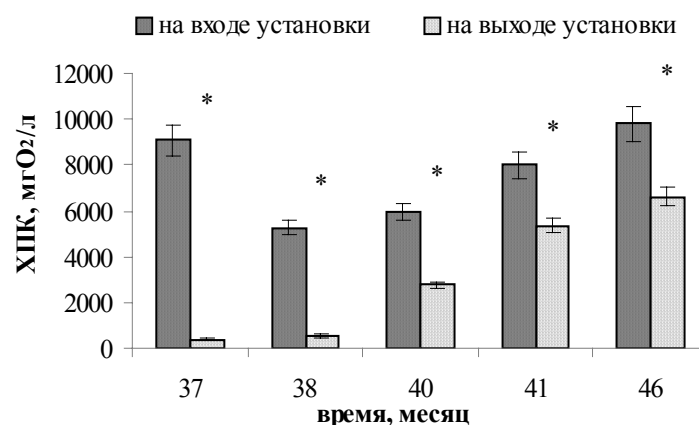


Рис. 2. Динамика ХПК сточных вод на входе и выходе из биореактора предочистки с использованием стекловолоконных ершей в качестве иммобилизующего материала. Звездочкой обозначены статистически значимые результаты ($n = 3$, $P < 0.05$)

преимущественно сорбцией загрязнений на активированном угле, при этом микрофлора по-прежнему была способна вымываться из реактора. Поэтому в дальнейшем эффективность очистки снижалась до 50–56%.

Испытание пенополиуретана в качестве носителя микроорганизмов показало наряду с хорошими адгезионными свойствами его низкую устойчивость к воздействию органических веществ, что приводило к быстрому разрушению носителя.

В биологических реакторах прирост биомассы зависит от природы сточных вод и нагрузки на микрофлору по загрязнениям, то есть в данном случае от содержания в обрабатываемых сточных водах стирола, окиси пропилена, а также ацетофенона, метилфенилкарбинола, бензола, фенола, моно- и дипропиленгликоля, пропанола, этанола и др. Устойчивость прироста биомассы при аэробной гетеротрофной конверсии комплекса указанных веществ зависит от закрепления микрофлоры на носителе, в этих условиях обеспечивается эффективная деструкция загрязнений, которую можно выявить по снижению ХПК. При этом достигается стабильная работа биореактора с эффективностью очистки не менее 50%, даже при варьировании химического состава и увеличении исходной органической нагрузки сточной воды (рис. 2).

Заключение

Результаты работы демонстрируют эффективность предварительной обработки высокозагрязненных сточных вод производства СОП, содержащих также ацетофенон, метилфенилкарбинол, бензол, фенол, моно- и дипропиленгликоль, пропанол, этанол и др., с использованием технологии иммобилизации сообщества микроорганизмов-деструкторов на различных носителях. В основе предложенной технологии лежит закрепление селекционированного сообщества микроорганизмов с высокой активностью обезвреживания и разложения органических загрязнений сточных вод на стекловолоконном ерше в биореакторе. Полученные данные свидетельствуют о том, что на данном иммобилизующем

материале в течение 1–2 месяцев закрепилось сообщество микроорганизмов, осуществляющих снижение суммарной загрязненности стоков в биореакторе на 96%, что подтверждает пригодность ершей на основе стекловолокна для целей очистки сточных вод производства СОП. Пенополиуретан и активированный уголь не проявили высокой эффективности в процессе предварительной очистки, не обеспечивая достижения требуемых величин адгезии и удержания микробной массы в условиях интенсивной аэрации. Предложенное техническое решение усовершенствовало технологическую схему, внедренную в ОАО «Нижекамскнефтехим» для предобработки промышленных стоков производства СОП [9].

Литература

1. Артёмов А.В., Брыкин А.В., Иванов М.Н., Шеляков О.В., Шумаев В.А. Анализ стратегии развития нефтехимии до 2015 года // Журн. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева. – 2008. – Т. 52, № 4. – С. 4–14.
2. Bellinaso M. De L., Henriques J.A.P., Gaylarde C.C. Biodegradation as a biotechnological model for the teaching of biochemistry // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2002. – V. 18, No 5. – P. 385–390.
3. Наумова Р.П., Кудряшов В.Н., Григорьева Т.В., Гафуров Р.Р., Мухаметшин И.Р., Хузаянов Р.Х., Несмелов А.А. Предварительная оценка потенциала фиторемедиации твердых химических отходов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2008. – Т. 150, кн. 2. – С. 155–166.
4. Наумова Р.П., Кудряшов В.Н., Несмелов А.А., Гафуров Р.Р., Мухаметшин И.Р., Баширов Р.Р., Григорьева Т.В. Предобработка твердого химического отхода перед его биоремедиацией // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2008. – № 4. – С. 29–36.
5. Zhao X., Wang Y., Ye Z., Borthwick A.G.L., Ni J. Oil field wastewater treatment in Biological Aerated Filter by immobilized microorganisms // Process Biochem. – 2006. – V. 41, No 7. – P. 1475–1483. – doi: 10.1016/j.procbio.2006.02.006.
6. Хияс И.В., Сафиуллина Л.Ф., Родионов А.А., Зиганин А.М. Биодеградация 2,4,6-тринитротолуола гемискомицетными дрожжами в условиях непрерывного режима культивирования // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2010. – Т. 152, кн. 4. – С. 179–189.
7. Oller I., Malato S., Sánchez-Perez J.A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination – A review // Sci. Total Environ. – 2011. – V. 409, No 20. – P. 4141–4166. – doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.08.061.
8. Chang C.Y., Tanong K., Xu J., Shon H. Microbial community analysis of an aerobic nitrifying-denitrifying MBR treating ABS resin wastewater // Bioresour. Technol. – 2011. – V. 102, No 9. – P. 5337–5344. – doi: 10.1016/j.biortech.2010.12.045.
9. Пат. 2264988 Российская Федерация. Способ очистки концентрированных сточных вод / О.И. Якушева, Х.Х. Гильманов, В.А. Белокуров, А.А. Самольянов, Л.Н. Лучинина, А.А. Петухов, И.М. Васильев, Р.М. Галимзянов. – № 2003115601/13, заявл. 26.05.03, опубл. 10.12.04, Бюл. № 33. – 5 с.
10. Илялетдинов А.Н., Алиева Р.М. Микробиология и биотехнология очистки промышленных сточных вод. – Алма-Ата: Гылым, 1990. – 223 с.

11. *Ren S.* Assessing wastewater toxicity to activated sludge: recent research and developments // *Environ. Int.* – 2004. – V. 30, No 8. – P. 1151–1164. – doi: 10.1016/j.envint.2004.06.003.
12. *Diya'uddeen B.H., Daud W.M.A.W., Aziz A.R.A.* Treatment technologies for petroleum refinery effluents: A review // *Proc. Saf. Environ. Protect.* – 2011. – V. 89, No 2. – P. 95–105. – doi: 10.1016/j.psep.2010.11.003.
13. Patent US 6,159,372 A. Method for treating waste water with a high concentration of organic matter by using ball shaped circulating and elongated stationary ciliary filter cakes / I.B. Yang. – Appl. No US 09/033,768, Filed: March 3, 1998, Date of Patent: Dec. 12, 2000.
14. *Кобызева Н.В., Гатауллин А.Г., Силищев Н.Н., Логинов О.Н.* Разработка технологии очистки сточной воды с использованием иммобилизованной микрофлоры // *Вестн. Оренбург. гос. ун-та.* – 2009. – № 1. – С. 104–107.
15. *Cohen Y.* Biofiltration – the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material: a review // *Bioresour. Technol.* – 2001. – V. 77, No 3. – P. 257–274. – doi: 10.1016/S0960-8524(00)00074-2.
16. *Дао Линь Тхи Тху, Григорьева Т.В., Девятяров Р.М., Нго Куен Куи, Якушева О.И., Никонорова В.Н., Ильинская О.Н.* Характеристика параметров предочистки нефтехимических сточных вод в биореакторе // *Вестн. Казан. технол. ун-та.* – 2013. – Т. 16, № 7. – С. 158–160.
17. ГОСТ Р 52708-2007. Вода. Метод определения химического потребления кислорода. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
18. *Лурье Ю.Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 448 с.

Поступила в редакцию
02.04.13

Дао Тхи Тху Линь – аспирант кафедры микробиологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: linhdao.kpfu@gmail.com

Григорьева Татьяна Владимировна – кандидат биологических наук, ассистент кафедры микробиологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: tatabio@inbox.ru

Якушева Ольга Ивановна – кандидат биологических наук, начальник исследовательской лаборатории сточных вод, НТЦ ОАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск, Россия.

E-mail: oiyakusheva@yahoo.com

Никонорова Валентина Николаевна – ведущий инженер-технолог, НТЦ ОАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск, Россия.

E-mail: nikonorovaV@nknh.ru

Ильинская Ольга Николаевна – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой микробиологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: olga.ilinskaya@ksu.ru

* * *

**OPTIMIZATION OF PETROCHEMICAL WASTEWATER PRETREATMENT
IN BIOREACTOR WITH IMMOBILIZED MICROFLORA***Linh Dao Thi Thuy, T.V. Grigoreva, O.I. Yakusheva, V.N. Nikonorova, O.N. Ilinskaya***Abstract**

This article presents a system of petrochemical wastewater pretreatment in the production of propylene oxide and styrene in bioreactor. The system allows reducing the toxic load of the effluents on activated sludge, which realizes subsequent treatment of wastewater in aerotanks. Wastewater entering the bioreactor contains (along with styrene and propylene oxide) acetophenone, methylphenylcarbinol, benzene, phenol, mono- and dipropylene glycol, propanol, ethanol, etc. We tested different immobilized carriers to improve the biotreatment efficiency. We revealed that the most effective immobilized material was fiberglass brush in comparison with activated carbon and polyurethane foam. We analysed the installation parameters and defined the pretreatment efficiency for each carrier. When using a carrier in the form of fiberglass brush, the efficiency of removal of organic compounds reaches 96%.

Keywords: petrochemical wastewater, styrene, propylene oxide, biological pretreatment, immobilization, polyurethane foam, activated carbon, fiberglass brush.

References

1. Artemov A.V., Brykin A.V., Ivanov M.N., Shelyakov O.V., Shumaev V.A. Analysis of the strategy for the development of petrochemistry till 2015. *Zh. Ross. Khim. Obshchestva Imeni D.I. Mendeleeva*, 2008, vol. 52, no. 4, pp. 4–14. (In Russian)
2. Bellinaso M., De L., Henriques J.A.P., Gaylarde C.C. Biodegradation as a biotechnological model for the teaching of biochemistry. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 2002, vol. 18, no. 5, pp. 385–390.
3. Naumova R.P., Kudryashov V.N., Grigoreva T.V., Gafurov R.R., Mukhametshin I.R., Khuzayanov R.Kh., Nsmelov A.A. Preliminary estimation of the phytoremediation potential of chemical wastes. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2008, vol. 150, no. 2, pp. 155–166. (In Russian)
4. Naumova R.P., Kudryashov V.N., Nsmelov A.A., Gafurov R.R., Mukhametshin I.R., Bashirov R.R., Grigoreva T.V. Pretreatment of solid chemical effluents before their bioremediation. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse*, 2008, no. 4, pp. 29–36. (In Russian)
5. Zhao X., Wang Y., Ye Z., Borthwick A.G.L., Ni J. Oil field wastewater treatment in Biological Aerated Filter by immobilized microorganisms. *Process Biochem.*, 2006, vol. 41, no. 7, pp. 1475–1483. doi: 10.1016/j.procbio.2006.02.006.
6. Khilyas I.V., Safiullina L.F., Rodionov A.A., Ziganshin A.M. Biodegradation of 2,4,6-trinitrotoluene by hemiascomycetous yeasts under continuous cultivation. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2010, vol. 152, no. 4, pp. 179–189. (In Russian)
7. Oller I., Malato S., Sanchez-Perez J.A. Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for wastewater decontamination – a review. *Sci. Total Environ.*, 2011, vol. 409, pp. 4141–4166. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.08.061.
8. Chang C.Y., Tanong K., Xu J., Shon H. Microbial community analysis of an aerobic nitrifying-denitrifying MBR treating ABS resin wastewater. *Bioresour. Technol.*, 2011, vol. 102, no. 9, pp. 5337–5344. doi: 10.1016/j.biortech.2010.12.045.
9. Yakusheva O.I., Gilmanov Kh.Kh., Belokurov V.A., Samolyanov A.A., Luchinina L.N., Petukhov A.A., Vasilev I.M., Galimzyanov R.M. *Sposob ochistki kontsentrirrovannykh stochnykh vod* [The way to purify concentrated wastewaters]. Patent RF, no. 2264988, 2005.
10. Ilyaletdinov A.N., Alieva R.M. The microbiology and biotechnology of the purification of industrial wastewater. Alma-Ata, Gylm, 1990. 223 p. (In Russian)
11. Ren S. Assessing wastewater toxicity to activated sludge: recent research and developments. *Environ. Int.*, 2004, vol. 30, no. 8, pp. 1151–1164. doi: 10.1016/j.envint.2004.06.003.

12. Diya'uddeen B.H., Daud W.M.A.W., Aziz A.R.A. Treatment technologies for petroleum refinery effluents: A review. *Proc. Saf. Environ. Protect.*, 2011, vol. 89, no. 2, pp. 95–105. doi: 10.1016/j.psep.2010.11.003.
13. Yang I.B. Method for treating waste water with a high concentration of organic matter by using ball shaped circulating and elongated stationary ciliary filter cakes. Patent US no. 6159372 A, 2000.
14. Kobzyeva N.V., Gataullin A.G., Silishchev N.N., Loginov O.N. The development of a wastewater treatment technology using immobilized microflora. *Vestn. Orenburg Gos. Univ.*, 2009, no. 1, pp. 104–107. (In Russian)
15. Cohen Y. Biofiltration – the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material: a review. *Bioresour. Technol.*, 2001, vol. 77, no. 3, pp. 257–274. doi: 10.1016/S0960-8524(00)00074-2.
16. Dao Thi Thuy Linh, Grygoreva T.V., Devyatiyarov R.M., Ngo Quy Quyen, Yakusheva O.I., Nikonorova V.N., Ilinskaya O.N. Description of the parameters of petrochemical wastewater pretreatment in bioreactor. *Vestn. Kazan. Tekhnol. Univ.*, 2013, vol. 16, no. 7, pp. 158–160. (In Russian)
17. GOST R 52708-2007. *Voda. Metod opredeleniya khimicheskogo potrebleniya kisloroda* [State Standard R 52708-2007. Water. A Method for Determination of Chemical Oxygen Demand]. Moscow, Standartinform Rubl., 2007. 10 p.
18. Lurye Yu.Yu. Analytical Chemistry of Industrial Wastewater. Moscow, Khimia, 1984. 448 p. (In Russian)

Received
April 2, 2013

Dao Thi Thuy Linh – PhD Student, Department of Microbiology, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: linhdao.kpfu@gmail.com

Grigoreva Tatyana Vladimirovna – PhD in Biology, Assistant Lecturer, Department of Microbiology, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: tatabio@inbox.ru

Yakusheva Olga Ivanovna – PhD in Biology, Head of the Research Laboratory for Wastewater, Science and Technology Centre of OJSC Nizhnekamskneftekhim, Nizhnekamsk, Russia.

E-mail: oiyakusheva@yahoo.com

Nikonorova Valentina Nikolaevna – Leading Production Engineer, Science and Technology Centre of OJSC Nizhnekamskneftekhim, Nizhnekamsk, Russia.

E-mail: nikonorovaV@nknh.ru

Ilinskaya Olga Nikolaevna – Doctor of Biology, Professor, Head of the Department of Microbiology, Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: olga.ilinskaya@ksu.ru