

УДК 628.35

А.В. АНЦИФЕРОВ**В.М. ФИЛЕНКОВ****УЛУЧШЕНИЕ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ***IMPROVEMENT OF INDUSTRIAL WASTES CLEARING ON BIOLOGICAL TREATMENT PLANTS*

Целью исследования является подбор консорциума в аэробных условиях с помощью активного ила, обогащенного культурой прокариотических микроорганизмов, для повышения степени биологической очистки сточных вод. Представлена зависимость жизнестойкости микроорганизмов при аварийных сбросах промышленных сточных вод с температурой более 45 °С и высоким содержанием ХПК (более 1500 г/дм³). Проведен сравнительный анализ эффективности очистки сточных вод промышленных предприятий с обычным и обогащенным активным илом.

Ключевые слова: промышленные сточные воды, очистка, биологические очистные сооружения, активный ил.

Актуальность повышения качества очистки промышленных сточных вод для существующих биологических очистных сооружений (БОС) заключается в том, что требуется или проведение реконструкции БОС, или новое строительство. Повышение качества очистки сточных вод, как правило, достигается применением физико-химической очистки и мембранных технологий, что повышает себестоимость очистки в 3-5 раз.

Для этих целей одним из перспективных направлений повышения степени очистки является подбор и использование микроорганизмов для очистки промышленных сточных вод, загрязненных металлами и нефтепродуктами. Высокий научный и коммерческий потенциал, полезность бактерий микроорганизмов для развивающейся биотехнологии, прежде всего как нефтеокисляющих микроорганизмов, обуславливают необходимость совершенствования методов их культивирования для получения активной культуры.

Нами проведено исследование по подбору консорциума в аэробных условиях с помощью активного ила, обогащенного культурой прокариотических микроорганизмов, для повышения степени биологической очистки сточных вод.

The aim of this research is the selection of the consortium in aerobic conditions with the help of active sludge, enriched the culture of prokaryotic microorganisms, for increase of degree of biological wastewater treatment. The dependence of the viability of microorganisms in case of emergency discharges of industrial waste water is presented. The comparative analysis of the efficiency of sewage treatment with usual and enriched active sludge is done.

Keywords: industrial wastes, clearing, biological treatment plants, activated sludge.

Для лабораторно-стендовых испытаний, в соответствии с условиями исследования, выбраны: штамм бактерий *Pseudomonas* sp. N-114, штамм бактерий *Bacillus acidocaldarius*, штамм бактерий *Bacillus stearothermophilus*, коллекционный производственный штамм прокариотических микроорганизмов архебактерий-термофилов (*Bacillus* sp. ВКПМ - 5061). Все выбранные штаммы являются деструкторами нефтепродуктов. Данные штаммы представлены на рис. 1.

Наиболее близким к предложенному является способ применения ассоциации микроорганизмов под названием *Devougoil*, заключающийся в создании консорциума микроорганизмов, в состав которого входят как липофильные, так и гидрофильные микроорганизмы, позволяющие производить эффективную очистку поверхности воды и почвы от загрязнения нефтепродуктами.

Задача по повышению эффективности биологической очистки сточных вод – создание консорциума микроорганизмов, активно окисляющего нефтепродукты как в зоне контакта с водой, так и непосредственно в нефтяной пленке, способного утилизировать широкий диапазон углеводородов нефти как в пресной, так и в засоленной экосистеме.

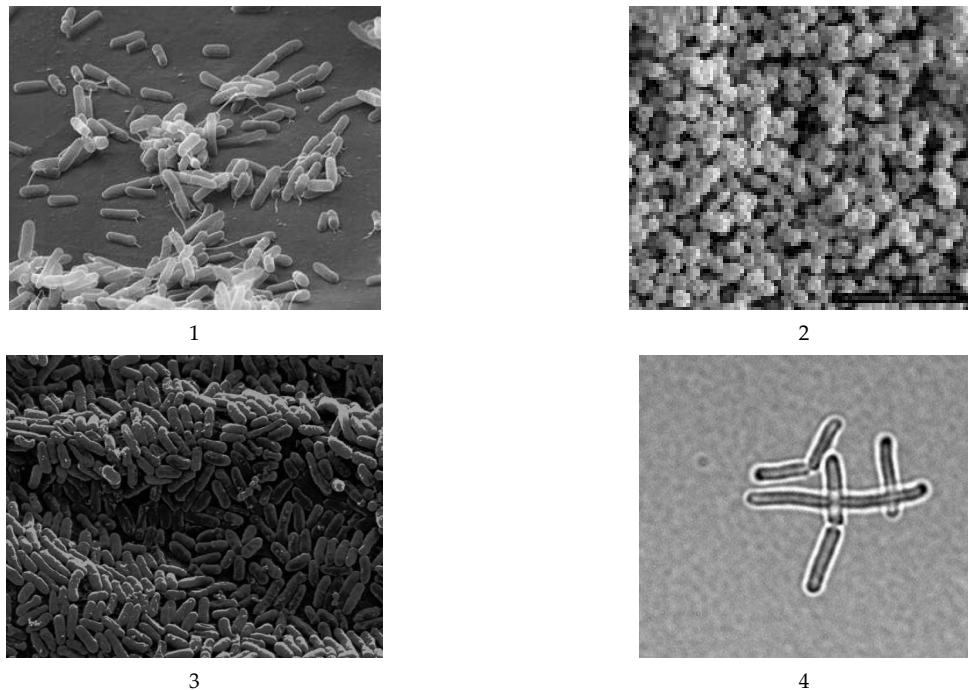


Рис. 1. Штаммы при исследовании консорциума:
1 – *Pseudomonas* sp. N-114; 2 – *Bacillus stearothermophilus*; 3 – *Bacillus acidocaldarius*, 4 – *Bacillus* sp. ВКПМ – 5061

Поставленная задача решается тем, что в состав консорциума микроорганизмов добавляются бактерии, представленные как липофильными (*Bacillus* sp. ВКПМ В-5061), так и гидрофильными (*Pseudomonas*) культурами.

Для достижения указанной цели применен штамм архебактерий *Bacillus* sp. ВКПМ В-5061, депонированный во Всесоюзной коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ) института “НИИ Генетика” Минмедбиопроба РФ и предназначенный в качестве деструктора нефтепродуктов и фосфатов.

Полученный штамм *Bacillus* sp. ВКПМ В-5061 характеризуется следующими культурально-морфологическими признаками: бактериальные прокариотные клетки - закругленные грамтрицательные полиморфные палочки, подвижные (движутся при помощи полярных жгутиков). Склонны располагаться одиночно. Клетки малоподвижны, имеют ограниченное количество жгутиков.

Культура *Bacillus* sp. ВКПМ В-5061 нетребовательна к питательным средам и может культивироваться как в аэробных условиях на обычном пластинчатом и скошенном мясопептонном агаре (мясопептонном бульоне), так и в факультативно-анаэробных условиях при посеве в короткий столбик мясопептонного агара под слоем вазелинового масла (для предотвращения высыхания).

В эксперименте колонии данного штамма на агаре (75 °С; 24 ч) круглые с диаметром до 1,5 мм, выпуклые, влажные, не имеющие тенденции к слиянию, слегка фосфоресцирующие, но не окрашивающие среду.

Физиолого-биохимические признаки: в эксперименте анаэроб с высокой температурой роста до 70 °С, оптимальная температура роста 25-45 °С, рН 6,2-8,6. При нейтральном рН наблюдалось разжижение крахмала.

Экспериментальные исследования показали, что штамм *Bacillus* sp. ВКПМ В-5061 обладает более высокой (в 1,5-2) раза деструкционной активностью в отношении нефтепродуктов и металлов. Преимущества штамма - высокая степень деструкции нефтепродуктов при очистке промышленных сточных вод.

Все выявленные в результате экспериментального исследования данные нашли отражение в полученном патенте на изобретение [1].

Учитывая, что в производственных условиях возможны ситуации с аварийным сбросом промышленных сточных вод с температурой более 45 °С и высоким содержанием ХПК более 1500 г/дм³, были выявлены температурные пределы жизнестойкости микроорганизмов. График зависимости приведен на рис. 2.

При содержании ХПК от 1500 до 4042 мгО₂/дм³ штамм *Bacillus sp.* ВКПМ – 5061 не теряет своей активности. Для наработки консорциума был сконструирован биореактор (рис. 3), с комплектом вспомогательного оборудования (табл. 1).

В стальной биореактор (рис. 3), изготовленный по разработанным чертежам, производилась загрузка активного ила из вторичных отстойников на 30 % объема емкости и добавлялся штамм *Bacillus sp.* ВКПМ В-5061, наработанный в лабораторных условиях.

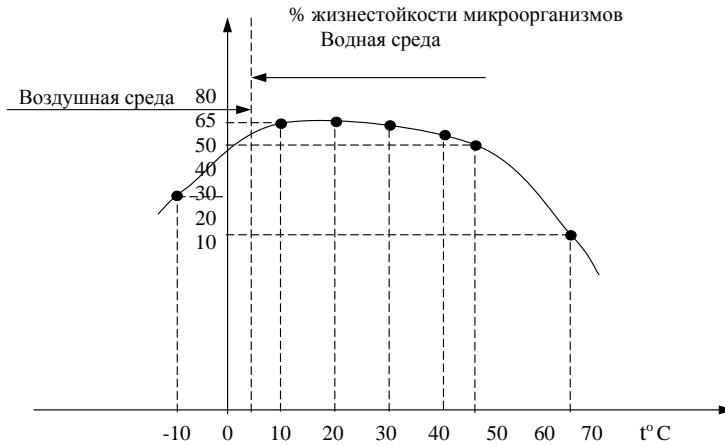


Рис. 2. Зависимость жизнестойкости микроорганизмов (%) от температуры (°C)

Таблица 1

Ведомость установленного оборудования

Наименование оборудования	Марка оборудования	Характеристика
Стальной цилиндрический биореактор	Изготавливается по разработанным чертежам	V = 8 м ³ H = 2920 мм D = 2000 мм
Насос для циркуляции биомассы	БК 2/26А-У2 с эл. двиг. 1АМ100L4Syi	Q = 1,2 м ³ /ч H = 6 м. в. ст. N=1 кВт; n=1410 об/мин

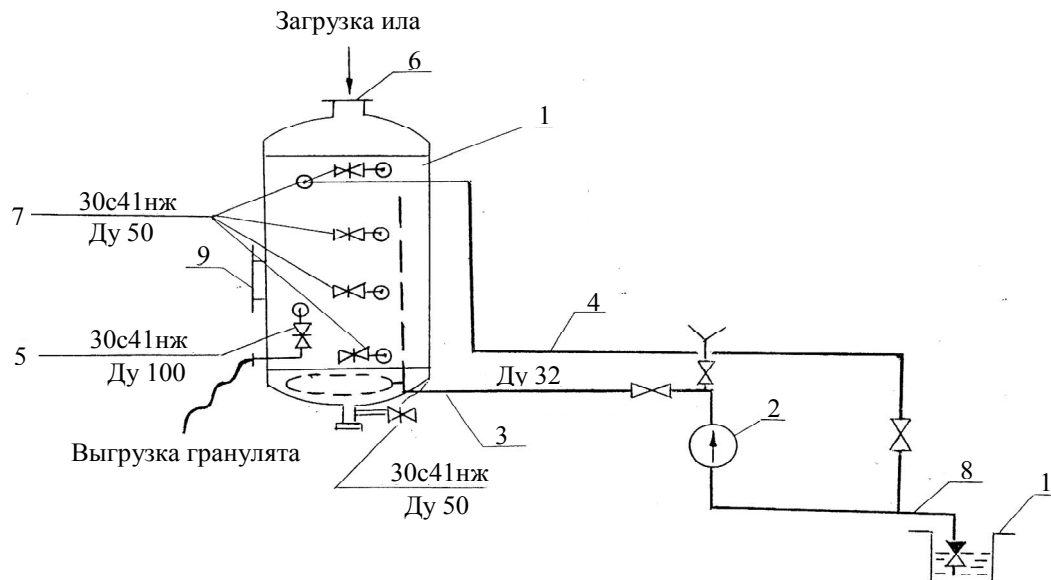


Рис. 3. Технологическая схема биореактора:

- 1 – сварной корпус; 2 – насос; 3 – трубопровод подачи сточной воды; 4 – трубопровод рециркуляции биомассы; 5 – штуцер выгрузки консорциума; 6 – люк для загрузки;
- 7 – запорно-регулирующая арматура; 8 – всасывающий патрубок; 9 – люк для очистки биореактора;
- 10 – самотечный лоток сточных вод

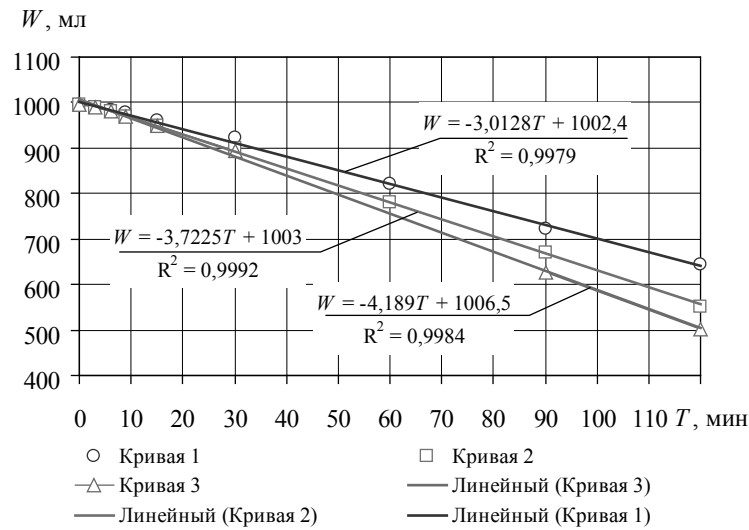


Рис. 4. Зависимость объема выпавшего осадка от времени отстаивания:
 1 – осадение ила в аэротенке без консорциума; 2 – осадение консорциума в биореакторе;
 3 – осадение консорциума в аэротенке

Таблица 2

Сравнительный анализ очистки сточных вод с активным илом и консорциумом

Перечень контролируемых показателей	Фактическая концентрация загрязняющих веществ		Улучшение качества очистки, %
	на выходе с БОС без консорциума	на выходе с БОС с консорциумом	
БПК _{полн.} , мгО/дм ³	4,98 ± 0,13	2,70 ± 0,7	45,7
Взвешенные вещества, мг/дм ³	33,59 ± 0,67	9,72 ± 2,9	71,1
Аммоний-ион, мг/дм ³	0,59 ± 0,7	0,311 ± 0,11	47,3
Нитрит-ион, мг/дм ³	0,14 ± 0,01	0,05 ± 0,007	64,2
Фосфаты (по Р), мг/дм ³	2,16 ± 0,2	1,56 ± 0,16	27,7
СПАВ анионоактивный, мг/дм ³	0,25 ± 0,1	0,029 ± 0,01	88,4
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,34 ± 0,12	0,10 ± 0,035	70,5
Формальдегид, мг/дм ³	0,26 ± 0,1	0,025 ± 0,025	90,4
Цинк, мг/дм ³	0,014 ± 0,01	0,005 ± 0,001	64,2
Никель, мг/дм ³	0,04 ± 0,01	0,005 ± 0,002	87,5
Титан, мг/дм ³	0,027 ± 0,01	0,018 ± 0,01	33,3
Алюминий, мг/дм ³	0,075 ± 0,02	0,003 ± 0,02	96,0
Метанол, мг/дм ³	0,32 ± 0,1	0,24 ± 0,052	25,0
Карбамид по азоту, мг/дм ³	22,13 ± 2,66	19,5 ± 3,12	11,9
ХПК, мгО/дм ³	87,4 ± 21,0	42,6 ± 10,2	51,2

Сточные воды подавались в реактор снизу, проходили слой активного ила и выводились сверху. Водообмен в емкости на первой стадии формирования консорциума составлял 10-12 м³/сут. При этом условии не происходило выноса ила с биореактора и создавался режим для окислительных процессов, что приводило к уменьшению количества нефтепродуктов, фосфатов, взвешенных веществ, а также снижало

ХПК и БПК в сточных водах. Циркуляция иловой смеси осуществлялась по замкнутой схеме: биореактор – насос – низ биореактора. По окончании наработки консорциума (определялась процентом содержания штамма путем микроскопирования, которого должно быть не менее 25 %) 50 % консорциума сливалось в самотечный лоток и поступало в аэротенки. Биореактор заполнялся до полного объема активным илом и

сточной водой, где повторялась наработка консорциума. Увеличение концентрации штамма происходило за счет анаэробного процесса, который подавляет развитие и рост остальных микроорганизмов [2].

В биореакторе для получения объективных данных очистки сточных вод применялась сточная вода одного состава. Время очистки равнялось 19,2 ч. Качество консорциума определялось по расчету степени очистки сточной воды в биореакторе. Для выбора оптимального соотношения активного ила со штаммом проводилось испытание с различными

пропорциями штамма. После внесения в активный ил штамма осуществлялось микроскопирование консорциума для определения процентного отношения штамма в активном иле.

Эксперименты проводились при температуре 23-25 °С. Состав вводимой в реактор смеси составлял: активный ил со штаммом – 30 %; сточная вода – 70 %. Концентрация штамма в консорциуме изменялась при каждом исследовании с 1 до 13 %. Увеличение концентрации штамма достигалось добавлением штамма и выдерживанием его с активным илом в

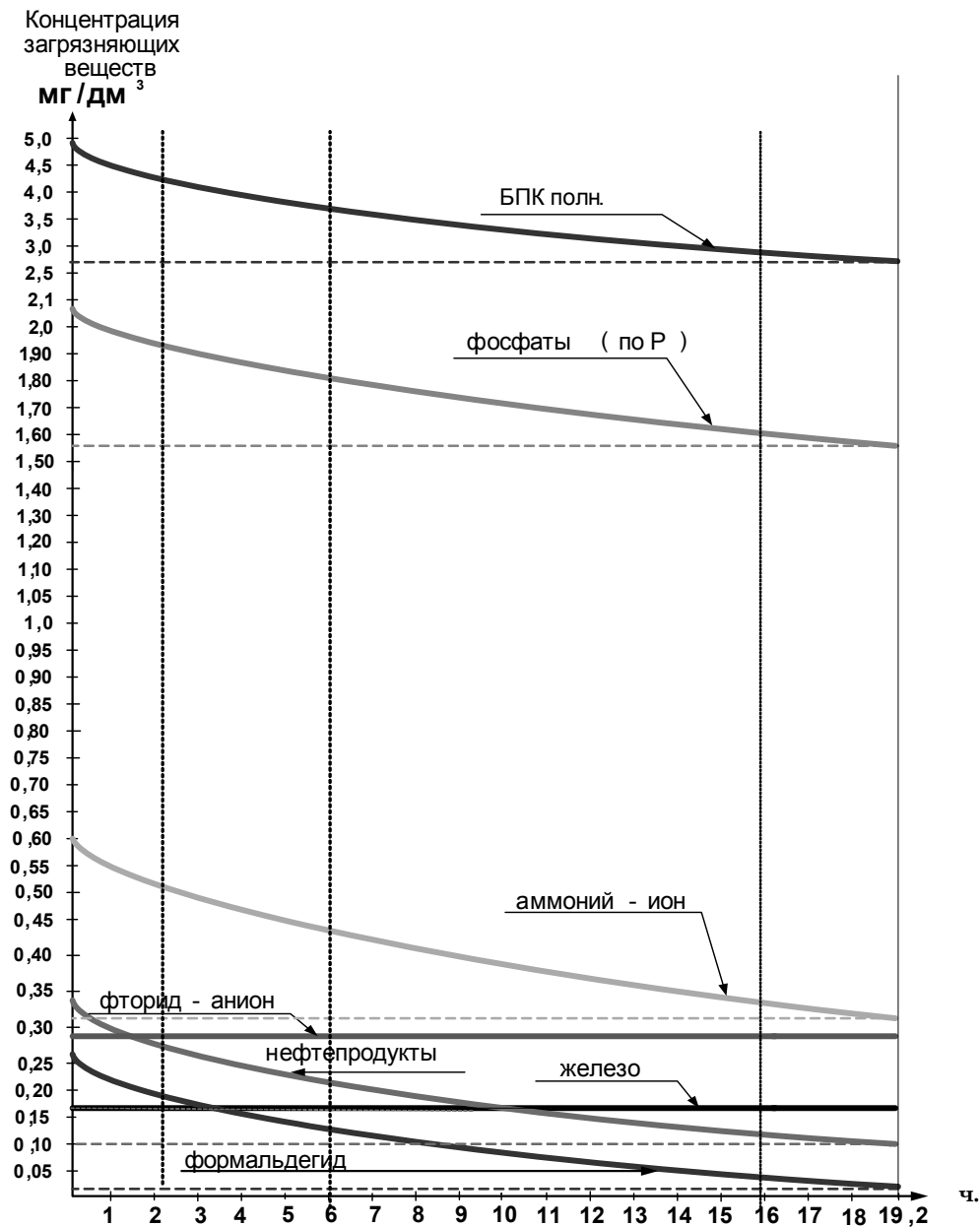


Рис. 5. Зависимость снижения концентрации загрязняющих веществ в аэротенке (мг/дм³) от продолжительности нахождения воды в аэротенке (ч)

анаэробных условиях без доступа воздуха. После контакта в течение 19,2 ч производился отбор пробы сточной воды из биореактора для аналитического контроля содержания загрязняющих веществ в очищенной сточной воде.

Проведенные испытания в биореакторе штамма-активатора *Vacillus* sp. ВКПМ-5061 определили положительные результаты в очистке сточных вод,

при этом консорциум с добавлением штамма *Vacillus* sp. ВКПМ-5061 в пределах 7,4-13,5 % имеет наилучшие результаты в очистке сточных вод по следующим показателям: БПК_{полн} - на 43 %, взвешенным веществам - на 46 %, фосфатам - на 31 %, нефтепродуктам - на 61 %, формальдегиду - на 86 %, никелю - на 90 %, титану - на 33 %, алюминию - на 73 %, метанолу - на 16 %.

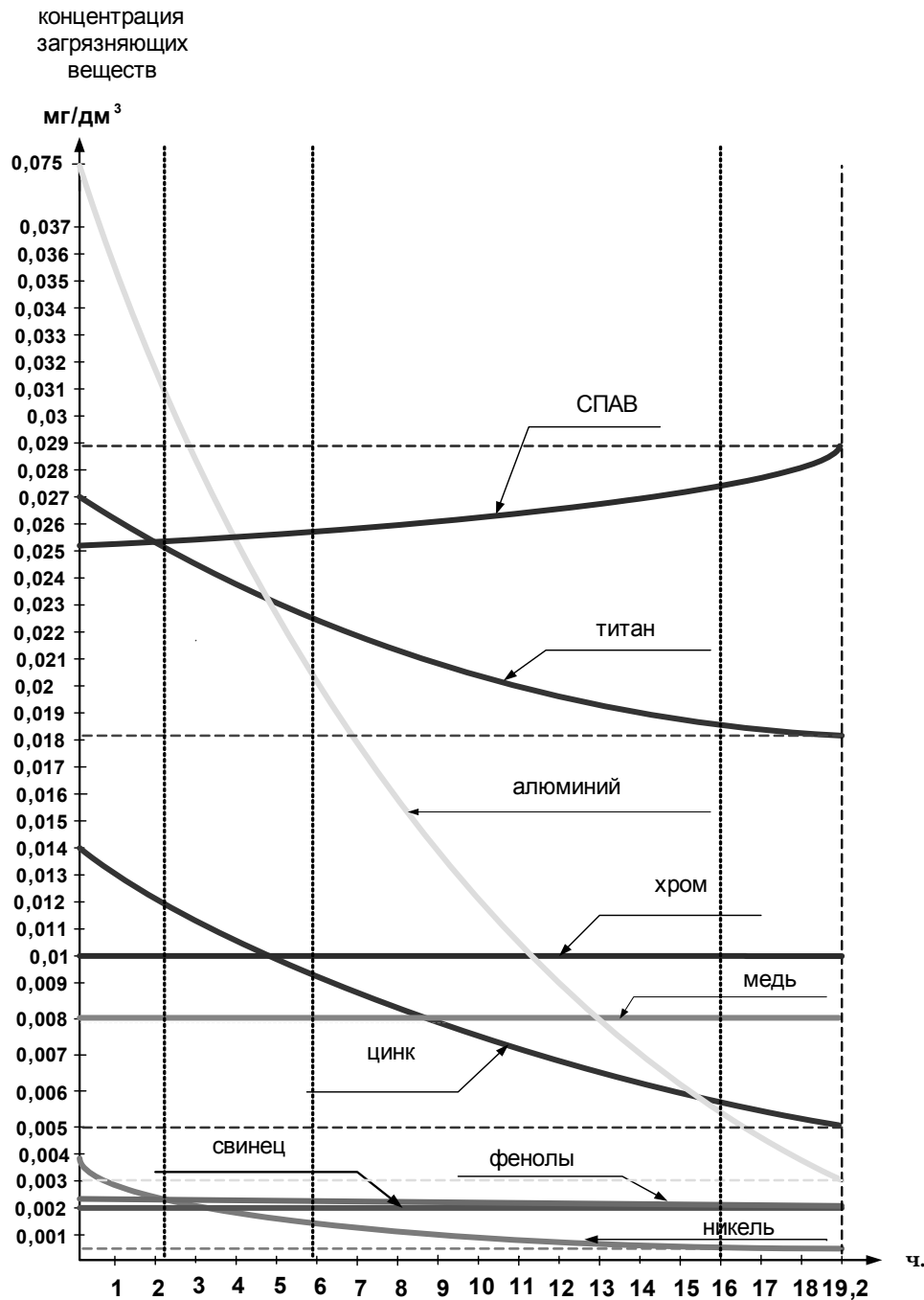


Рис. 6. Зависимость снижения концентрации загрязняющих веществ в аэротенке (мг/дм³), от продолжительности нахождения воды в аэротенке (ч)

Настоящими исследованиями доказана возможность и целесообразность применения этого консорциума на действующих БОС по очистке промышленных сточных вод нефтехимических производств.

При проведении испытаний на БОС с применением консорциума получены положительные результаты по качеству очистки сточных вод.

Прозрачность надильной воды повысилась с 19,3 до 40 см, что значительно улучшило работу вторичных отстойников. Анализ осаждения ила выявил более высокую скорость уплотнения ила в аэротенке с консорциумом на 22,7 %, что позволит улучшить работу вторичных отстойников по отделению ила и понизить содержание взвешенных веществ на выходе с отстойника. Сравнительные данные осаждения осадка представлены на рис. 4.

Сравнительный анализ с обычным и обогащенным активным илом показал эффективность применения штамма *Bacillus sp.* ВКПМ В-5061 для повышения степени очистки сточных вод [3].

Извлечение нефтепродуктов в экспериментах с консорциумом оказалось значительно более высоким, чем в случае с традиционным илом.

Среднее количество поглощаемых загрязняющих веществ в данном испытании оказалось более высоким в системе с консорциумом, чем в системе с обычным илом. Эффективность очистки сточных вод показана в табл. 2. Изменение качества очистки сточных вод с применением штамма-активатора представлено на рис. 5, 6.

Об авторе:

АНЦИФЕРОВ Александр Викторович

соискатель кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения
Тольяттинский государственный университет
445667, Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
E-mail: polkovnik-feliks@mail.ru

ФИЛЕНКОВ Владимир Михайлович

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения
Тольяттинский государственный университет
445667, Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
E-mail: polkovnik-feliks@mail.ru

Установлено, что количество поглощаемых загрязняющих веществ в данном испытании оказалось более высоким. Эффективность очистки сточных вод повысилась по следующим показателям, % нитрит-ион - 64,2, СПАВ анионоактивный - 88,4, нефтепродукты - 70,5, формальдегид -90,4, цинк - 64,2, никель - 87,5, алюминий - 96, ХПК - 51,2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Филенков В.М., [Каплан А.Л.], Анциферов А.В., Абрамов А.Ю.* Патент 2204597 Россия; МКИ С 12 N 1/20; С 02 F 3/34, В 09 С 1/10. Штамм археобактерий *Bacillus sp.* ВКПМ В-5061 - деструктор нефтепродуктов и фосфатов, используемый при очистке почвы и сточных вод. Заявлено 05.03.2001; Опубликовано 20.05.2003. Бюл. № 14. 3 с.
2. *Филенков В.М., Анциферов А.В.* Доочистка сточных вод на локальных очистных сооружениях от фосфатов, нефтепродуктов и азотистых биогенов / Московская международная научно-практическая конференция «Биотехнология: экология крупных городов». М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 15-17 марта 2010 г. С. 59-60.
3. *Анциферов А.В., Филенков В.М.* Новый подход к работе системы биологической очистки сточных вод. Сборник трудов III Международного экологического конгресса, научный симпозиум «Проблемы и инновационные решения в области инженерного обеспечения экологической и промышленной безопасности урбанизированных территорий». Ч. 1. 21-25 сентября 2012 года, Тольятти-Самара. Россия. Тольятти: ТГУ, 2012. Т. 6. С. 19-24.

© Анциферов А.В., Филенков В.М., 2014

ANTSIFEROV Alexander

Candidate for PhD degree of the Heat and Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Wastewater Chair
Togliatti State University
445667, Russia, Samara Region, Togliatti, Belorusskaya str., 14
E-mail: polkovnik-feliks@mail.ru

FILENKOV Vladimir

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Wastewater Chair
Togliatti State University
445667, Russia, Samara Region, Togliatti, Belorusskaya str., 14
E-mail: polkovnik-feliks@mail.ru

Для цитирования: Анциферов А.В., Филенков В.М. Улучшение степени очистки сточных вод промышленных предприятий на биологических очистных сооружениях // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 2 (15). С.42-48