

## ОЧИСТКА ВОДОЭМУЛЬСИОННОЙ ФАЗЫ ПРИ САНАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАВОДСКИХ СТАНЦИЙ АЭРАЦИИ

© 2024 Д.Е. Быков, К.Л. Чертес, О.А. Самарина, Е.Н. Петренко

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 23.12.2023

Многолетняя деятельность нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) привела к образованию техногенных залежей углеводородов под их площадками. Месторождение антропогенной природы представляет собой линзовидное образование, вытянутое в плане на несколько километров в сторону зоны разгрузки подземных вод, проникающее в геосреду до первого водоносного горизонта. Запасы техногенных месторождений могут быть соизмеримы с традиционными природными месторождениями. С одной стороны, техногенные месторождения представляют собой пласт, содержащий смесь сырья и продуктов переработки различных фракций, а также углеводородов промышленного качества. В этом случае содержимое извлекается из пород с помощью насосного оборудования сети эксплуатационных скважин, отделяется от водной составляющей и передается для использования или переработки в качестве вторичного материального ресурса. С другой стороны, месторождение, содержащее некондиционные углеводороды, представляет собой водонефтяную эмульсию. Она является постоянным источником негативного воздействия на окружающую среду и загрязнения прилегающих фрагментов геологической среды. Использование водоносного горизонта, содержащего углеводороды в концентрациях, недостаточных для добычи и последующего использования без предварительной подготовки, заключается в его очистке как загрязненных сточных вод. Очистка водоэмульсионной фазы от остаточных углеводородов является длительной и чрезвычайно дорогостоящей и требует строительства новых модульных очистных сооружений в месте расположения техногенной залежи углеводородов или использования резервных мощностей на действующих предприятиях.

*Ключевые слова:* Восстановление углеводородных залежей, станции аэрации, водонефтяная эмульсия.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-1-154-159

EDN: MDVWCZ

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В основу мероприятий по санации залежи положен принцип фазово-дисперсного перераспределения загрязнений в геосреде. Для этого непосредственно в толщу геосреды закачивают флокулянты, кислоту, щёлочи, производят ударное воздействие электрогидровзрывом, высоконапорной подачей карбонизированной воды. Подобные мероприятия направлены на перевод связанных твердой фазой горного тела углеводородов в свободное состояние, эмульгирование с последующим подъемом загрязненной водной эмульсии на дневную поверхность. В этой связи особую значимость представляет разработка направлений очистки водоэмульсионной фазы. [1-2]

*Быков Дмитрий Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, ректор. E-mail: rector@samgtu.ru*

*Чертес Константин Львович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Химическая технология и промышленная экология». E-mail: chertes2007@yandex.ru*

*Самарина Оксана Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая технология и промышленная экология». E-mail: samarinaoa@yandex.ru*

*Петренко Елена Николаевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Химическая технология и промышленная экология». E-mail: SHN.007@mail.ru*

Водоэмульсионная фаза, извлеченная из горизонта залежи, представляет собой сточную воду, содержащую широкий спектр углеводородных загрязнений с высокими концентрационными показателями. [3-4]

Анализ показывает, что загрязнения водной эмульсии идентичны по составу производственным сточным водам, сбрасываемым на станции биологической очистки (станции аэрации) НПЗ, многолетняя деятельность которого привела к формированию техногенной залежи. [1, 3-4] Однако, концентрации отдельных углеводородов на 1-2 порядка выше, чем в заводском стоке. Залповый сброс эмульсии залежи на заводские станции аэрации может нарушить работу очистных сооружений завода. В связи с этим, необходимо осуществлять сброс токсичного стока залежи с учетом его разбавления основным потоком сточных вод завода.

### 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Подобное мероприятие требует проведения крупномасштабного производственного эксперимента по сбросу фазово-дисперсно перераспределенной водной эмульсии на станцию биологической очистки.

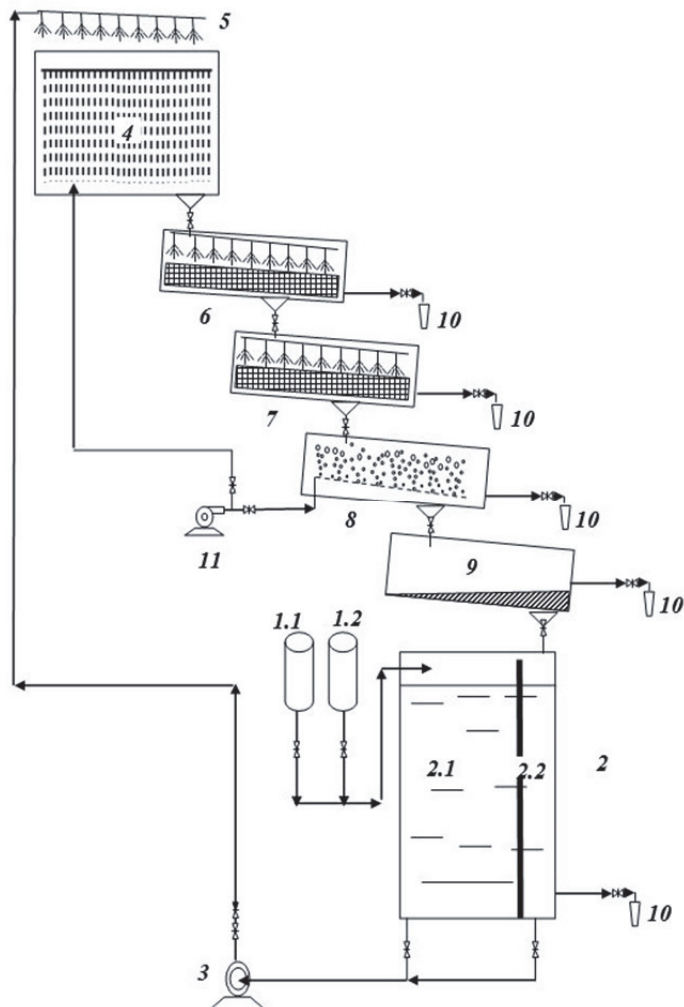
Аналогичный эксперимент был проведен в 2010 году при сбросе водного слоя накопителя пастообразных отходов на очистные сооружения нефтехимической компании [5]. Эксперимент показал, что минимальные значения объемной кратности разбавления в системе «водная эмульсия – заводской сток» должны быть в пределах 1:1000 - 1:40000. В условиях станции аэрации производительностью от 25 до 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут (наиболее распространенный для Российских НПЗ диапазон мощностей заводских станций аэрации) данные кратности разбавления соответствуют дозам сброса водноэмульсионной фазы геосреды в пределах до 25 м<sup>3</sup>/сут. При таких незначительных дозах сброса, санация геосреды может проводиться в течении длительного срока при обязательном устройстве геотехнических барьеров на границах области разгрузки (дренажи, стены в грунте).

Очистка водноэмульсионной фазы требует приспособления активного ила станции аэрации

к воздействию токсикантов. Жизнедеятельность микроорганизмов ила, как правило, ограничена пороговыми дозами углеводородов. В системах с большими нагрузками по загрязнениям предпочтение отдают иммобилизованной микрофлоре. Она является более стойкой к залповым атакам концентрированных углеводородов [6]. Применительно к очистке водноэмульсионной фазы, извлеченной из толщи залежи, актуальным является создание на территории станции аэрации биореакторов на основе аборигенных микроорганизмов и выращенных на их основе адаптированных иммобилизованных поликультур [7-8].

Технической реализации эксперимента по очистке водноэмульсионной фазы геосреды, в условиях реконструируемых станций аэрации, должны предшествовать исследования на пилотном биореакторе, схема и общий вид которого представлены на рисунке 1.

Через мерник объемом 20 л (поз. 1.1) водноэмульсионная фаза залежи самотеком посту-



**Рис. 1.** Технологическая схема и общий вид пилотного биохимического реактора очистки водноэмульсионной фазы техногенной залежи:

- 1.1, 1.2 – мерные емкости водного слоя и разбавляющего стока СБО, 2 – сборный резервуар (2.1 – секция исходного стока, 2.2 – секция очищенного стока); 3 – перистальтический насос; 4 – биотенк с полимер-тканной загрузкой; 5 – капельный ороситель; 6 – биофильтр первой ступени, 7- биофильтр второй ступени; 8 – аэротенк; 9 – отстойник; 10 – пробоотборники; 11 – компрессор

падет в сборную цилиндрическую полимерную емкость объемом 60 л (поз. 2). Через второй мерник объемом 20 л (поз. 1.2) в сборную емкость (поз. 2) подается смесь производственного стока и субстрата (питательная среда), состоящего из раствора биогенных элементов на основе аммиачной селитры, хлористого калия, кукурузного крахмала и фосфоритовой муки. Смешением двух потоков из мерников обеспечивается регулирование объемной степени разбавления водоземлюсионной фазы залежи производственным стоком. Доля биогенных добавок обрабатываемого стока поддерживались объемным методом, из расчета поддержания соотношения биогенных элементов: С:N – 15:1; N:P:K – 2:1:0,5.

Обеспечение рециркуляции обрабатываемого стока выполняется подвижной герметичной перегородкой, которая разделяет сборную емкость (поз. 2) на две секции: секция очищенного стока (поз. 2.2), секция исходного стока (поз. 2.1).

Перистальтическим насосом с регулируемой производительностью (поз. 3) обрабатываемый сток перекачивается из сборной емкости в биотенк (поз.4). Работа биотенка обеспечивается микрофлорой, иммобилизованной на полимерно-тканной загрузке. Для повышения производительности установки в диапазоне рабочих нагрузок по обрабатываемому стоку от 0,1 до 5 м<sup>3</sup>/сут. был использован сменный центробежный насос, оборудованный задвижкой и обратным клапаном. [9-13]

Дополнительная преаэрация обрабатываемого стока в биотенке обеспечивалась компрессором путем подачи воздуха через пористый керамический аэратор – аналог фильтросных труб станции аэрации. Расход подаваемого воздуха регулировался вентилем на подводящей линии установки.

Обрабатываемый сток через перфорированный полимерный шланг  $\varnothing$  0,5 см с отверстиями  $\varnothing$  1 мм (шаг 30 мм) капельным орошением (поз. 5) подавался в биотенк.

Постепенное наращивание аборигенной микрофлоры, адаптированной к очистке смеси водоземлюсионной фазы залежи и промышленного стока, выполнялось на установленных в биотенке 32-х вертикальных полимерных сетчатых шторок. Полимерные загрузки размером 20 x 15 см толщиной 1 мм с размером ячеек 2x2 мм располагались в биотенке шагом 1 см.

По мере накопления в донной части биотенка насыщенного кислородом слоя микрофлоры (толщиной 2-3 см), осуществляется открытия вентиля на патрубке, направляющем самотеком активный ил на орошение поверхности загрузки биофильтра первой ступени (поз. 6). Биофильтр первой ступени заполнен

загрузочным слоем керамзитового гравия толщиной 3 см в объеме пластиковой емкости высотой 7 см и размерами в плане 45 x 25 см. Размер гранул загрузки 10-15 мм. Микрофлора подается на поверхность загрузки через капельный ороситель.

Обрабатываемый сток совместно с отделяемой биологической пленкой по уклону (0,01) дна биофильтра самотеком поступает в придонный патрубок и далее в капельный ороситель биофильтра второй ступени (поз. 7). Конструкция биофильтра второй ступени аналогичен биофильтру первой ступени. Загрузка биофильтра второй ступени выполнена из комбинированного полимерного материала, обеспечивающего иммобилизованной микрофлоры и разрыхление поступающей иловой смеси.

Из биофильтра второй ступени обрабатываемый сток самотеком поступает в пилотный аэротенк (поз. 8) на дополнительное аэрирование. Аэрирование обеспечивается компрессором с целью дополнительного окисления органических загрязнителей обрабатываемого стока.

Из пилотного аэротенка иловая смесь самотеком поступает в отстойник (поз. 9) и далее в секцию очищенного стока (поз. 2.2).

По мере необходимости насосом (поз. 3) очищенный сток направляется на рециркуляцию в объеме 25-30% для отладки технологического режима очистки. Ручное регулирование потоков исходного и рециркуляционного стоков производится при помощи вентиля на всасывающей линии.

Контроль эффективности работы установки и состояния микрофлоры осуществляется путем отбора проб из пробоотборников (поз. 10) с последующим отстаиванием и анализом.

Первоначальное наращивание микрофлоры выполнялось в течении первых двух недель при работе пилотной установки исключительно на стоке станции аэрации. Формирование слоя микрофлоры и ее адаптация в условиях, приближенных к работе станции аэрации НПЗ, происходили медленно. Простейшие были обнаружены только на 5-е сутки работы пилотной установки.

В биотенке, толщина слоя биологической пленки в зазорах между шторками и на стенках емкости составила от 0,2 до 0,5 см.

В порах загрузок биофильтров первой и второй ступеней, а также на дне и стенках емкости, толщина слоя биопленки составила до 0,3 см. Микроскопированием биопленки и активного ила идентифицирован широкий спектр простейших (около 20 видов). Характерными видами микрофлоры являются: равноресничные *Paramecium caudatum*, брюхоресничные, черви круглые *Nematoda*.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Серия опытов по адаптации микрофлоры биопленки и активного ила к дозам вододисперсионной фазы углеводородной залежи проводилась путем последовательного увеличения последней в объеме обрабатываемого стока. Процентные доли к объему заводского стока составляли 1; 2,5; 5 и 10%. Отобранные пробы анализировались на химическое потребление кислорода (ХПК) и содержание нефтепродуктов [14-16]. Результаты анализа и расчетные эффекты очистки представлены в таблице 1.

Для подтверждения результатов пилотного эксперимента должен быть смоделирован сброс извлеченной из геосреды и перераспределенной воздействием флокулянта водной фазы на одну из действующих станций аэрации НПЗ. Эксперимент должен выполняться для определения способности адаптированной иммобилизированной микрофлоры сопротивляться токсическому воздействию.

### 5. ВЫВОДЫ

1. Очистка вододисперсионной фазы залежи НПЗ с помощью штаммов, выращенных на осно-

**Таблица 1.** Результаты показателей работы пилотной установки

Показатели	Сточная вода		Эффект снижения загрязнений, %
	неочищенная	очищенная (10 сут)	
Исходный модельный сток			
Заводской сток станции аэрации + вододисперсионная фаза залежи (0,1%)			
ХПК, мг/л	165,46	11,76	92,89
Нефтепродукты, мг/л	0,87	0,07	91,60
Заводской сток станции аэрации + вододисперсионная фаза залежи (1%)			
ХПК, мг/л	204,68	18,25	91,08
Нефтепродукты, мг/л	0,99	0,09	90,87
Заводской сток станции аэрации + вододисперсионная фаза залежи (2,5%)			
ХПК, мг/л	335,08	68,48	79,56
Нефтепродукты, мг/л	3,28	0,40	87,76
Заводской сток станции аэрации + вододисперсионная фаза залежи (5%)			
ХПК, мг/л	499,18	182,67	63,41
Нефтепродукты, мг/л	3,97	1,63	58,91
Заводской сток станции аэрации + вододисперсионная фаза залежи (10%)			
ХПК, мг/л	1629,15	1143,82	29,79
Нефтепродукты, мг/л	9,07	6,29	30,65

Как видно из табл. 1, наиболее эффективно очистка вододисперсионной фазы залежи происходила при поддержании объемного соотношения с заводским стоком станции аэрации в пределах до 1:100. Эффекты очистки по ХПК и нефтепродуктам, соответственно – 91,08 и 90,87%. Увеличение дозы водного слоя приводило к ингибированию микрофлоры и ухудшению биологической очистки.

Сброс вододисперсионной фазы залежи в соотношении 1:10 привел к гибели адаптированной микрофлоры. На десятые сутки после токсической атаки, эффект очистки по ХПК был не более 3,5 %. При проведении работ по испытанию пилотной установки наблюдалось интенсивное образование флотошлама, выносимого потоком воздуха от аэратора. Что связано с присутствием большого количества взвешенных веществ и грубодисперсных примесей обрабатываемом стоке.

ве аборигенных микроорганизмов стоков станций аэрации НПЗ, принципиально возможна;

2. В качестве биореакторов для обработки вододисперсионной фазы залежи НПЗ могут быть использованы станции аэрации НПЗ. Их переоборудование в биофильтры потребует разработки регламента, адаптированного к действующей технологии очистных сооружений;

3. Объемное соотношение вододисперсионной фазы залежи НПЗ и заводского стока при очистке на биореакторе должно быть не более 1:100.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков, Д.Е. Санация недр территории нефтеперерабатывающих заводов / Д.Е. Быков, К.Л. Чертег, Е.Н. Петренко [и др.] // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 9-13



2. *Гайрабеков, У.Т.* Разработка научно обоснованных мероприятий по экологической реабилитации почвогрунтов и подземных вод г. Грозный / У.Т. Гайрабеков // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 6-4. – С. 742-746
3. *Гусева, Е.В.* Трехмерное моделирование техногенной линзы углеводородов под НПЗ: от концептуальной модели до оценки эффективности подхода / Е.В. Гусева, А.Е. Авдеев, А.Г. Задкова, К.С. Медведев // *Нефть. Газ. Новации*. – 2020. – № 3(232). – С. 66-69.
4. *Чертес, К.Л.* Оценка состояния и подходы к восстановлению геосреды нарушенной в результате строительной-хозяйственной деятельности / К.Л. Чертес, А.М. Штеренберг, Е.Н. Петренко // *Вестник МГСУ*. – 2019. – Т. 14, № 9(132). – С. 1140-1157
5. *Тупицына, О.В.* Геоэкологическая система и технологии ликвидации накопителей нефтеотходов с использованием станций аэрации / О.В. Тупицына, Н. Г. Гладышев, О. А. Самарина [и др.] // *Экология и промышленность России*. – 2011. – № 3. – С. 39-41.
6. *Чертес, К.Л.* Обработка водоземлюсионного слоя накопителей нефтехимических отходов в условиях действующих станций аэрации / К.Л. Чертес, А.М. Штеренберг, О.В. Тупицына [и др.] // *Экология и промышленность России*. – 2010. – № 4. – С. 24-27.
7. *Яковлев, С.В.* Очистка производственных сточных вод / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 стр.
8. Патент на полезную модель № 85472 U1 Российская Федерация, МПК C02F 3/00, C02F 3/02. Реактор доочистки сточных вод : № 2009100352/22 : заявл. 11.01.2009 : опубл. 10.08.2009 / К.Л. Чертес, Д.Е. Быков, О.В. Тупицына [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Самарский государственный технический университет
9. *Воронов, Ю.В.* Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений (монография) / Ю.В. Воронов, В.П. Саломеев, А.Л. Ивчатов, Ю.П. Побегайло и др. – М.: Стройиздат. – 1989. – 224 с.
10. *Таварткиладзе И.М.* Очистные сооружения водоподведения: справочник / И.М. Таварткиладзе, Т.П. Таросюк, М.И. Доценко. – К.: Будивельник, 1988. – 256 с.
11. *Яковлев, С.В.* Биологическая очистка производственных сточных вод: процессы, аппараты и сооружения / С.В. Яковлев, И.В. Скирдов, В.Н. Швецов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
12. *Яковлев, С.В.* Биохимические процессы в очистке сточных вод / С.В. Яковлев, Т.А. Карюхина. – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
13. *Болотина, О.Т.* Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации / О. Т. Болотина, М. Н. Болховитинова, Ю. П. Беличенко и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат. – 1977. – 299 с.
14. ГОСТ 31859-2012 Вода. Метод определения химического потребления кислорода.
15. *Лурье, Ю.Ю.* Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1974. – 334 с.
16. ПНД Ф 14.1:2.116-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных и сточных вод методом колоночной хроматографии с гравиметрическим окончанием.

## DEFOULING OF THE WATER-EMULSION PHASE DURING THE REMEDIATION OF HYDROCARBON DEPOSITS USING FACTORY AERATION STATIONS

© 2024 D.E. Bykov, K.L. Chertes, O.A. Samarina, E.N. Petrenko

Samara State Technical University Samara, Russia

The long-term activity of oil refineries has led to the formation of man-made hydrocarbon deposits under their sites. The deposit is a lenticular formation, elongated in plan for several kilometers towards the groundwater discharge zone, penetrating into the geo-environment up to the first aquifer. The reserves of technogenic deposits can be commensurate with traditional natural deposits. On the one hand, technogenic deposits are a formation containing a mixture of raw materials and processed products of various fractions and commercial quality hydrocarbons. In this case, the content is extracted from the rocks with the help of pumping equipment of a network of production wells, separated from the water component and transferred for use or processing as a secondary material resource. On the other hand, a field containing sub-grade hydrocarbons is a significant water-oil emulsion. It is a constant source of negative impact on the environment and pollution of adjacent fragments of the geological environment. The use of a water-based layer containing hydrocarbons in concentrations insufficient for resource use is its treatment as contaminated wastewater. Purification of the water-emulsion phase from residual hydrocarbons is lengthy and extremely costly and requires new modular treatment facilities at the location of the hydrocarbon deposit or reserve capacities at existing plants.

**Keywords:** Gas turbine engine, numerical simulation, optimization, working process parameters.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-1-154-159

EDN: MDVWCZ

## REFERENCES

1. Bykov, D.E. Sanaciya neдр territorii neftepererabatyvayushhix zavodov / D.E. Bykov, K.L. Chertes, E.N. Petrenko [i dr.] // *E`kologiya i promy`shlennost` Rossii*. – 2019. – T. 23. – № 3. – S. 9-13
2. Gajrabekov, U.T. Razrabotka nauchno obosnovanny`x meropriyatij po e`kologicheskoj rehabilitacii pochvogrunтов i podzemny`x vod g. Grozny`j / U.T. Gajrabekov // *Fundamental`ny`e issledovaniya*. – 2014. – № 6-4. – S. 742-746
3. Guseva, E.V. Trexmernoe modelirovanie texnogennoj linzy` uglevodorodov pod NPZ: ot konceptual`noj modeli do ocenki e`ffektivnosti podxoda / E.V. Guseva, A.E. Avdeev, A.G. Zadkova, K.S. Medvedev // *Neft`. Gaz. Novacii*. – 2020. – № 3(232). – S. 66-69.
4. Chertes, K.L. Ocenka sostoyaniya i podxody` k vosstanovleniyu geosredy` narushennoj v rezul`tate stroitel`no-xozyajstvennoj deyatel`nosti / K.L. Chertes, A.M. Shterenberg, E.N. Petrenko // *Vestnik MGSU*. – 2019. – T. 14, № 9(132). – S. 1140-1157
5. Tupicyna, O.V. Geoe`kologicheskaya sistema i tehnologii likvidacii nakopitelej nefteotxodov s ispol`zovaniem stancij ae`racii / O.V. Tupicyna, N. G. Glady`shev, O. A. Samarina [i dr.] // *E`kologiya i promy`shlennost` Rossii*. – 2011. – № 3. – S. 39-41.
6. Chertes, K.L. Obrabotka vodoe`mul`sionnogo sloya nakopitelej nefteximicheskix otxodov v usloviyax dejstvuyushhix stancij ae`racii / K.L. Chertes, A.M. Shterenberg, O.V. Tupicyna [i dr.] // *E`kologiya i promy`shlennost` Rossii*. – 2010. – № 4. – S. 24-27.
7. Yakovlev, S. V. Ochistka proizvodstvenny`x stochny`x vod / S. V. Yakovlev, Ya. A. Karelin, Yu. M. Laskov, Yu. V. Voronov. – M.: Strojizdat, 1985. – 336 str.
8. Patent na poleznuyu model` № 85472 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK C02F 3/00, C02F 3/02. Reaktor doochistki stochny`x vod : № 2009100352/22 : zayavl. 11.01.2009 : opubl. 10.08.2009 / K.L. Chertes, D.E. Bykov, O.V. Tupicyna [i dr.] ; zayavitel` Gosudarstvennoe obrazovatel`noe uchrezhdenie vy`sshego professional`nogo obrazovaniya Samarskij gosudarstvenny`j texnicheskij universitet
9. Voronov, Yu.V. Rekonstrukciya i intensivkaciya raboty` kanalizacionny`x ochistny`x sooruzhenij (monografiya) / Yu.V. Voronov, V.P. Salomeev, A.L. Ivchatov, Yu.P. Pobegajlo i dr. – M.: Strojizdat. – 1989. – 224 s.
10. Tavartkiladze I.M. Ochistny`e sooruzheniya vodootvedeniya: spravochnik / I.M. Tavartkiladze, T.P. Tarosyuk, M.I. Docenko. – K.: Budivel`nik, 1988. – 256 s.
11. Yakovlev, S.V. Biologicheskaya ochistka proizvodstvenny`x stochny`x vod: processy`, apparaty` i sooruzheniya / S.V. Yakovlev, I.V. Skirdov, V.N. Shveczov [i dr.]. – M.: Strojizdat, 1985. – 208 s.
12. Yakovlev, S.V. Bioximicheskie processy` v ochistke stochny`x vod / S.V. Yakovlev, T.A. Karyuxina. – M.: Strojizdat, 1980. – 200 s.
13. Bolotina, O.T. Metodika texnologicheskogo kontrolya raboty` ochistny`x sooruzhenij gorodskoj kanalizacii / O. T. Bolotina, M. N. Bolxovitinova, Yu. P. Belichenko i dr. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Strojizdat. – 1977. – 299 s.
14. GOST 31859-2012 Voda. Metod opredeleniya ximicheskogo potrebleniya kisloroda.
15. Lur`e, Yu.Yu. Ximicheskij analiz proizvodstvenny`x stochny`x vod / Yu.Yu. Lur`e, A.I. Ry`bnikova. - Izd. 4-e, pererab. i dop. – M.: Ximiya, 1974. – 334 s.
16. PND F 14.1:2.116-97 Kolichestvenny`j ximicheskij analiz vod. Metodika vy`polneniya izmerenij massovoj koncentracii nefteproduktov v probax prirodny`x i stochny`x vod metodom kolonochnoj xromatografii s gravimetriceskim okonchaniem.

*Dmitry Bykov, Doctor of Technics, Professor, Rector.*

*E-mail: rector@samgtu.ru*

*Konstantin Chertes, Doctor of Technics, Professor at the Department of «Chemical Technology and Industrial Ecology». E-mail: chertes2007@yandex.ru*

*Oxana Samarina, Candidate of Technics, Associate Professor at the Department of «Chemical Technology and Industrial Ecology». E-mail: samarinaoa@yandex.ru*

*Elena Petrenko, Candidate of Technics, Senior Lecturer at the Department of «Chemical Technology and Industrial Ecology». E-mail: SHN.007@mail.ru*