

УДК 628.349.087.5

В.Д. НАЗАРОВ
К.К. БАРЫКИН
С.В. ФУРСОВ

ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

INDUSTRIAL WASTEWATER PURIFICATION FROM OIL AND HEAVY METALS

Представлены основные отрасли экономики Республики Башкортостан, где сбрасываются загрязняющие вещества в поверхностные воды. Рассмотрены количественные показатели объемов забранных предприятиями топливной, химической и нефтехимической отрасли природных вод, объемов сброшенных сточных вод, массы загрязняющих веществ, сброшенных со сточными водами. Показаны основные проблемы отрасли в области охраны водных объектов. Описано разработанное авторами устройство для очистки сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов, основанное на гальванохимическом методе обработки воды. Приведены результаты очистки производственных сточных вод от ряда примесей методом гальванокоагуляции.

Ключевые слова: *вибрация, гальванокоагуляция, гальванопара, загрязняющие вещества, нефтепродукты, сточные воды, тяжелые металлы, фильтр.*

На качественное состояние водных объектов Республики Башкортостан оказывают воздействие два основных фактора: климатические, влияющие на гидрологические условия, и стоки предприятий.

Уфа и Стерлитамак сконцентрировали многоотраслевую производственную структуру, перенасыщенную техногенноопасными объектами. На территории городских земель располагаются крупнейшие промышленные предприятия химии и нефтехимии, энергетики и машиностроения, строительного комплекса и ряда других. Стерлитамак является экологически неблагополучным и входит в число лидирующих городов России по суммарному количеству выбросов вредных веществ в атмосферу и сбросов загрязненных веществ в водоемы. Уфа лишь в последние три года не входит в число экологически неблагополучных городов, но далеко от этого списка не отошла.

Экономика Уфы на сегодня имеет тенденцию устойчивого развития. Но при этом растут и

The main industries of the Republic of Bashkortostan discharging pollutants to surface waters are presented. The quantitative indicators of natural waters volumes abstracted by enterprises of fuel, chemical and petrochemical industries are viewed as well as mass of pollutants discharged with sewage. The basic problems of the industry of water protection are presented. Device for water cleaning from oil and heavy metals based on galvanochemical method of water treatment is proposed and described. The results of industrial water cleaning from a number of impurities by galvanocoagulation are viewed.

Key words: *vibration, galvanic coagulation, galvanic couple, pollutants, oil products, wastewater, heavy metals, filter.*

темпы загрязнения окружающей среды. Очистные сооружения не позволяют снизить уровень высоко-го и экстремально высокого загрязнения водоемов. Ежегодно в водные объекты сбрасывается более половины всего объема сточных вод по республике. Общий объем сброса сточных вод в 2012 г. составил 525,60 млн м³ [1]. Очистные сооружения, построенные более 30 лет назад, требуют модернизации, внедрения новых технологий очистки.

Основное влияние на поверхностные водные объекты оказывают промышленность и жилищно-коммунальное хозяйство. На долю предприятий топливно-энергетического, химического и нефтехимического комплексов приходится более 57 % от общего объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты по республике. Около 88 % от общей массы загрязняющих веществ, поступающих в водоемы со сточными водами, приходится на долю предприятий химической и нефтехимической отрасли.

Доля отраслей экономики в сбросе загрязняющих веществ в поверхностные воды Республики Башкортостан в 2012 г. представлена на рис. 1.

Объем забранной из природных источников воды в 2012 г. предприятиями топливной, химической и нефтехимической отрасли составил 276,16 млн м³ (32,7 % от общего объема забранной воды по республике). Предприятия отрасли являются самыми крупными загрязнителями водных объектов. Сброс сточных вод в водные объекты предприятия отрасли составил 142,03 млн м³, из них сброс загрязненных сточных вод - 119,51 млн м³ (38,4 % от общего объема загрязненных сточных вод по республике). Масса загрязняющих веществ, сброшенных в поверхностные водные объекты со сточными водами предприятий топливной, химической и нефтехимической отрасли, составила 875,22 тыс. т (87,8 % от общей массы сброса по республике).

Сточные воды, загрязненные органическими и биогенными веществами, а также опасными соединениями, оказывают значительное негативное воздействие на водные ресурсы. Главной причиной высокой антропогенной нагрузки на водные объекты является неспособность обеспечить достаточный уровень очистки всего объема сточных вод, поступающих в очистные сооружения, из-за их недостаточной мощности или неэффективного их использования [2].

Нормативная очистка сбрасываемых в водные объекты стоков не достигается из-за недозагруженности очистных сооружений до общей проектной мощности (в среднем на 50 %), несоответствия технологии очистки составу сточных вод, недостаточности локальной очистки, неудовлетворительной эксплуатации сооружений биологической очистки и физического износа оборудования.

Основными проблемами отрасли в области охраны водных объектов, решение которых позво-

лит достичь нормативного качества сбрасываемых сточных вод и значительно улучшить экологическую обстановку, являются:

- изменение технологии промышленных производств и обновление основных производственных фондов;
- прекращение использования открытых земляных отстойников различного назначения на всех предприятиях отрасли;
- прекращение сброса в канализацию не утилизируемых отходов;
- проектирование и строительство локальных очистных сооружений;
- проектирование и строительство эффективных схем доочистки сточных вод.

Для решения последней проблемы нами был предложен и разработан фильтр для очистки сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов. Фильтр, изображенный на рис. 2, содержит последовательно расположенные камеру гальванокоагуляции, камеру осветления и камеру фильтрации. Камера гальванокоагуляции заполнена смесью алюминиевой стружки и активированного угля АГ-3, образующих гальванопару. Опытным путем было установлено, что оптимальное соотношение алюминия к АГ-3 в загрузке – 3:1. В объеме гальванопары расположены перфорированные пластины из электроотрицательного (алюминий) и электроположительного материала (графит), образующих электрохимический источник тока. Электрохимические источники тока чередуются, равномерно располагаясь по высоте. Вдоль оси камеры гальванокоагуляции, сквозь пластины электродных пар, проходит стержень, верхним концом соединенный с электромагнитным реле, закрепленным на корпусе устройства и предназначенным для создания вибрации. В камере осветления находятся дефлекторы,

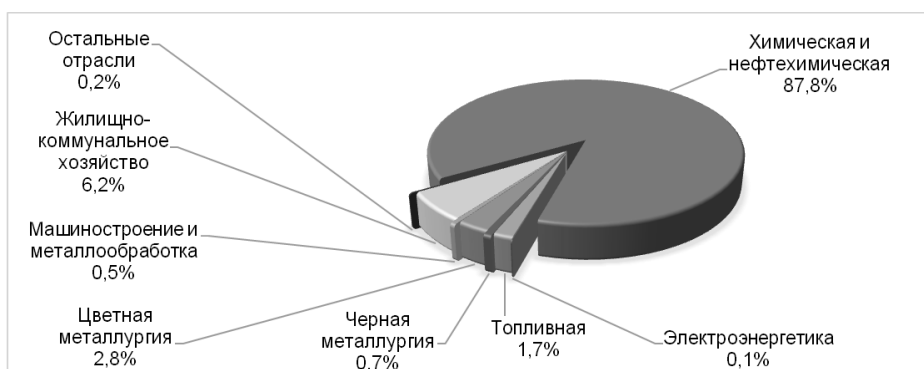


Рис. 1. Доля отраслей экономики в сбросе загрязняющих веществ в поверхностные воды Республики Башкортостан в 2012 г.

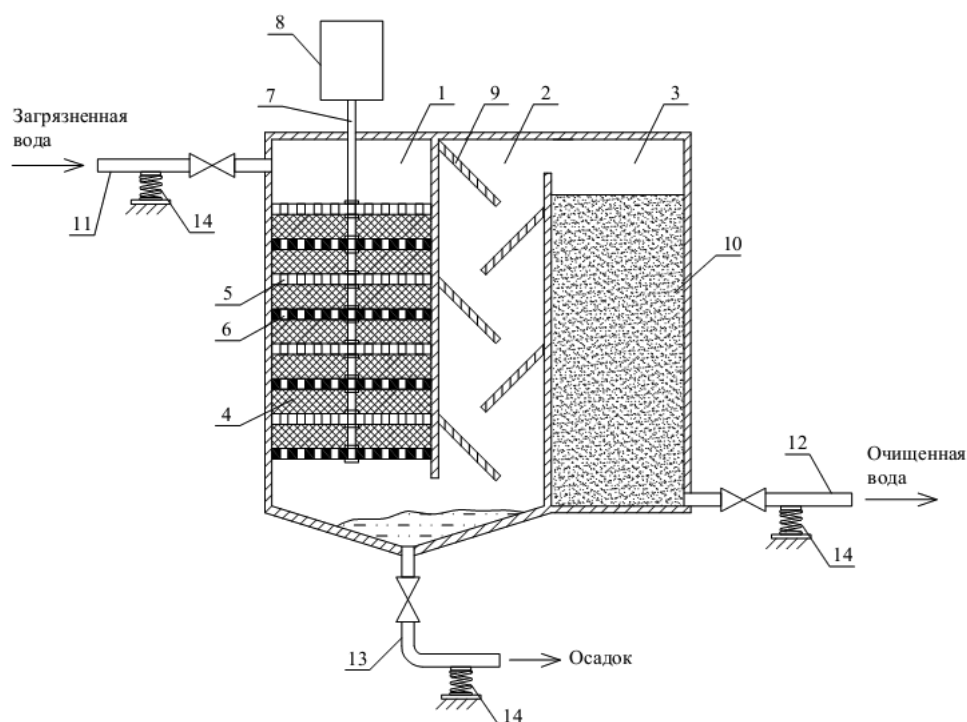


Рис 2. Фильтр для очистки сточных вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов:
 1 – камера гальванокоагуляции; 2 – камера осветления; 3 – камера фильтрации; 4 – гальванопара;
 5 – алюминиевая перфорированная пластина; 6 – графитовая перфорированная пластина; 7 – стержень;
 8 – электромагнит; 9 – дефлектор; 10 – кварцевый песок; 11 – трубопровод подачи загрязненной воды;
 12 – трубопровод отвода очищенной воды; 13 – трубопровод сброса осадка; 14 – виброизолятор

расположенные под углом 45° к стенкам камеры, направленные против движения потока воды. Камера фильтрации загружена кварцевым песком фракции 0,8-1,2 мм. Камера гальванокоагуляции и осветления снабжена патрубком для сброса осадка.

Обрабатываемая вода подается через трубопровод подачи загрязненной воды в камеру гальванокоагуляции, которая содержит гальванопару и перфорированные пластины из алюминия и графита, представляющие собой электроды электрохимического источника тока. В ходе фильтрации вибрация, создаваемая электромагнитом, воздействует на электроды через стержень, которые в свою очередь передают вибрацию на элементы гальванопары. Вибрация создается за счет однополупериодного выпрямления переменного тока 220 В, частотой 50 Гц, подаваемого на клеммы питания электромагнита. Основные параметры вибрации, при которых проводились измерения: амплитуда виброперемещения – 0,001 м; амплитуда колебательной скорости – 0,314 м/с; период колебаний – 0,02 с; частота колебаний – 50 Гц.

Воздействие вибрации на гальванопару 4 предотвращает пассивацию поверхности ее элементов.

Воздействие вибрации на электроды и электрохимический источник тока препятствует образованию на них осадков, увеличивает скорость растворения оксидной пленки, при этом образующийся гидроксид алюминия в виде хлопьев начинает интенсивней перемещаться в камеру гальванокоагуляции, сталкиваясь с большим количеством загрязняющих веществ, тем самым ускоряя процесс их коагуляции.

Из камеры гальванокоагуляции обрабатываемая вода поступает в камеру осветления, в которой скоагулированные загрязнения, задерживаясь на дефлекторах, выпадают в осадок, а осветленная вода перетекает в камеру фильтрации, где на загрузке из кварцевого песка фракции 0,8-1,2 мм происходит тонкая очистка воды. Осадок из камеры осветления периодически отводится на обработку по трубопроводу сброса осадка. Регенерация загрузки фильтра производится путем подачи промывной воды в трубопровод 11 и 12, и отвода воды через патрубок сброса осадка 13.

Для предотвращения распространения вибрации на внешние установки и коммуникации на входном и выходных трубопроводах установлены виброизоляторы.

Нами были проведены опыты по фильтрации сточной воды, содержащей нефтепродукты. Сточная вода была отобрана на Ново-Уфимском нефтеперерабатывающем заводе (ОАО «Новоил») после последней стадии фильтрации на турбофлотаторах, после которой нормативная концентрация нефтепродукта в воде не превышает 22 мг/л. Сточная вода с ОАО «Новоил» отправляется на биологические очистные сооружения (БОС), расположенные на территории завода ОАО «Уфанефтехим», где вода очищается от нефтепродуктов до ПДК для рыбохозяйственных водоемов – 0,05 мг/л.

Фильтрацию отобранной сточной воды проводили на модели разработанного фильтра в двух режимах фильтрации:

- фильтрация без вибрации в камере гальванокоагуляции;
- фильтрация с вибрацией в камере гальванокоагуляции.

Результаты проведенных опытов показаны в табл. 1 и на рис. 3.

По результатам опытов можно сделать следующие выводы:

- 1) включение вибрации в процесс фильтрации во всех опытах дает положительный результат и увеличивает степень очистки воды;

- 2) удалось добиться понижения концентрации нефтепродуктов в воде ниже ПДК для рыбохозяйственных водоемов безреагентным способом.

Нами был проведен ряд опытов на модели разработанного фильтра для очистки сточных вод по фильтрации модельной воды, содержащей тяжелые металлы. Фильтрация и анализ фильтрата проводились для каждого загрязняющего вещества отдельно. Результаты измерений представлены в табл. 2.

Продолжительность фильтроцикла составляет 18 ч. 30 мин. Отбор проб на анализы производился в конце первого часа фильтрации воды.

По результатам опытов мы видим, что удалось добиться высокой степени очистки воды от примесей безреагентным способом.

Энергозатраты разработанного устройства определяются энергией затраченной на работу электромагнитного механизма вибрации, так как сама гальванокоагуляция происходит за счет процесса окислительно-восстановительной реакции на элементах гальванопары и электродах и составляет менее 15 Вт/ч.

Энергозатраты на питание электромагнита в разы меньше, чем на питание электропривода, применяемого для перемешивания гальванопары, как на существующих аналогах [3, 4].

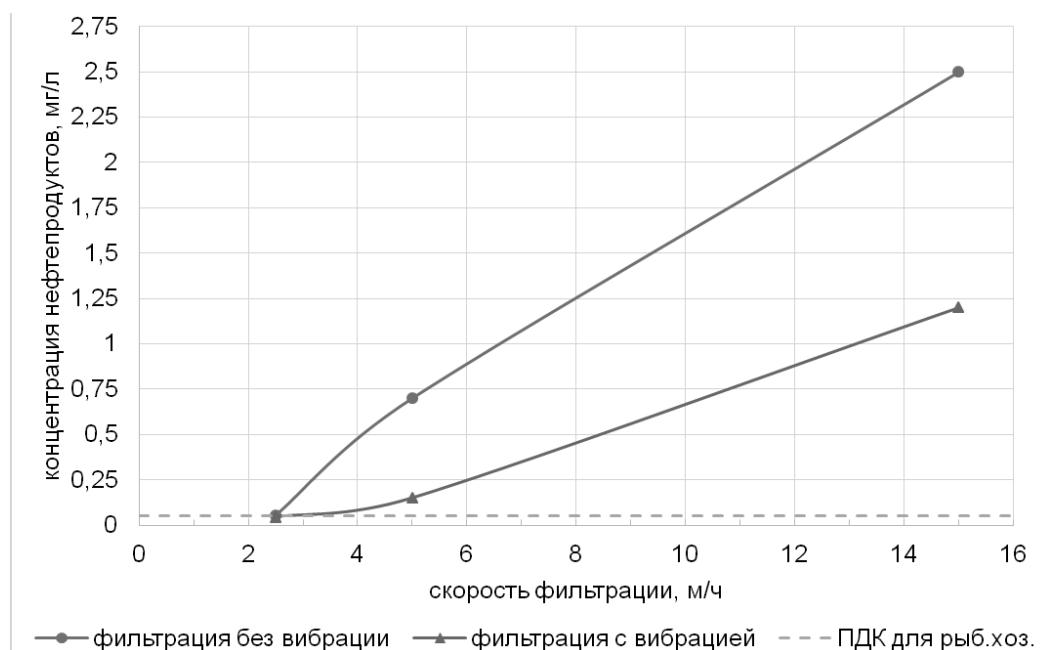


Рис. 3. Зависимость концентрации нефтепродуктов в фильтрате от скорости фильтрации

Таблица 1

Результаты очистки сточной воды ОАО «Новойл» от нефтепродуктов

| Режим фильтрации | Массовая концентрация нефтепродукта в воде, мг/л | | | |
|------------------|--|--------------------------|------|------|
| | Исходная вода | Скорость фильтрации, м/ч | | |
| | | 2,5 | 5,0 | 15,0 |
| Без вибрации | 7,22 | 0,055 | 0,70 | 2,50 |
| С вибрацией | | < 0,05 | 0,15 | 1,20 |

Таблица 2

Результаты очистки модельной сточной воды от тяжелых металлов

| Загрязняющее вещество | Начальная концентрация, мг/л | Конечная концентрация без вибрации, мг/л | Конечная концентрация с вибрацией, мг/л | Степень очистки, % |
|-----------------------|------------------------------|--|---|--------------------|
| Cu | 1273,0 | 3,4 | 1,3 | 99,9 |
| Ni | 1072,2 | 29,5 | 7,4 | 99,3 |
| Zn | 2914,9 | 4,2 | 0,2 | 99,9 |
| Fe | 618,0 | 24,0 | 5,4 | 99,1 |

Выводы. Разработанное устройство представляет практическую значимость для промышленного применения и обладает следующими достоинствами:

- малое энергопотребление;
- простота конструкции;
- безреагентная обработка воды;
- высокий эффект очистки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Башкортостан за 2012 год. Уфа, 2013. 319 с.

2. Назаров В.Д., Зенцов В.Н., Назаров М.В. Водоснабжение в нефтедобыче. 2-е изд., перераб. Уфа: Нефтегазовое дело, 2010. 447 с.

3. Аксенов В.И., Ладыгичев М.Г., Ничкова И.И., Никулин В.А., Клайн С.Э., Аксенов Е.В. Водное хозяйство промышленных предприятий: справочное издание: в 2 кн. Кн. 1/ под ред. В.И. Аксенова. М.: Теплотехник, 2005. 640 с.

4. Пат. 952756 СССР, VRBC02F 1/46. Способ очистки сточных вод / Пржегорлинский В.И., Иванишвили А.И.; заявл. 02.09.1980; опубл. 23.08.1982, Бюл. № 31.

© Назаров В.Д., Барыкин К.К., Фурсов С.В., 2014

Об авторах:

НАЗАРОВ Владимир Дмитриевич

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения
Уфимский государственный нефтяной технический университет
450080, Россия, г. Уфа, ул. Менделеева, 197
E-mail: aqvita@mail.ru

NAZAROV Vladimir

Doctor of Engineering Science, Professor of the Water Supply and Wastewater Chair
Ufa State Petroleum Technological University
450080, Russia, Ufa, Mendeleyev str., 197
E-mail: aqvita@mail.ru

БАРЫКИН Константин Константинович

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент кафедры теоретических основ электротехники
Уфимский государственный авиационный технический университет
450000, Россия, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12
E-mail: pkkontakt@mail.ru

BARYKIN Konstantin Konstantinovich

PhD in Engineering Science, Leading Researcher, Associate Professor of the Theoretical Foundations of Electrotechnics Chair
Ufa State Aviation Technical University
450000, Russia, Ufa, Karl Marks str., 12
E-mail: pkkontakt@mail.ru

ФУРСОВ Сергей Владимирович

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения
Уфимский государственный нефтяной технический университет
450080, Россия, г. Уфа, ул. Менделеева, 197
E-mail: t-1@bk.ru

FURSOV Sergey Vladimirovich

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair
Ufa State Petroleum Technological University
450080, Russia, Ufa, Mendeleyev str., 197
E-mail: t-1@bk.ru

Для цитирования: Назаров В.Д., Барыкин К.К., Фурсов С.В. Очистка промышленных стоков от нефтепродуктов и тяжелых металлов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. № 3(16). С. 60-64.