

ЛИКВИДАЦИЯ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НОВЫМ ГИДРОФОБНЫМ СОРБЦИОННЫМ МАТЕРИАЛОМ

Николаева Л. А., Котляр М. Н., Хамзина Д. А.

THE ELIMINATION OF OIL SPILLS FROM WATER SURFACES HYDROPHOBIC SORPTION MATERIAL

Nikolaeva L. A., Kotlyar M. N., Hamzina D. A.

Аннотация

Представлены лабораторные и экспериментальные исследования в природных условиях по ликвидации нефтяных разливов новым гидрофобным сорбционным материалом, изготовленным на основе порошкообразного карбонатного шлама. На ТЭС шлам образуется при известковании и коагуляции природной воды в осветлителях. Карбонатный шлам является отходом энергетики, химводоподготовки природной воды на ТЭС. К сорбционным материалам, позволяющим при минимальных затратах, максимально эффективно ликвидировать последствия разливов нефти и нефтепродуктов на акваториях и избежать экологической катастрофы, предъявляются ряд требований: гидрофобность, высокая нефтеёмкость, плавучесть, способность к удерживанию нефти при удалении сорбента с акватории, легкость утилизации или биоразлагаемость, устойчивость к разрушению в водной среде, возможность многократной регенерации, простота эксплуатации, эффективность работы в широком диапазоне температур, нетоксичность, целесообразная (оптимальная) стоимость. Полученный материал обладает этими требованиями. Определены технические характеристики сорбционного материала, нефтеёмкость, проведен экспресс-контроль качества водной вытяжки разработанного гранулированного адсорбента на острую летальную токсичность для ракообразных вида *Daphnia Magna* Str. и рыб вида *Poecilia Reticulata* Pet., пути утилизации замазученного сорбента.

Ключевые слова: гидрофобный сорбционный материал, разливы нефти и нефтепродуктов, открытый водоём, схема ликвидации нефтяных разливов, биотестирование, вторичное загрязнение.

Источником загрязнения поверхностных водных объектов нефтью и нефтепродуктами являются аварийные несанкционированные сбросы предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей промышленности, городские железнодорожные пути. С железнодорожных путей, расположенных на расстоянии менее 100 м до водного объекта, данные загрязнения будут вымываться из грунтов во время выпадения дождя и таяния снега, а затем могут попасть в поверхнос-

Abstract

The article presents laboratory and experimental studies in natural conditions for the liquidation of oil spills with a new hydrophobic sorption material made on the basis of powdered carbonate sludge. At HPS, sludge is formed by liming and coagulation of natural water in clarifiers. Carbonate sludge is a waste of chemical naturalwater treatment atenergy sector. The sorption materials allow at the minimum costs, to maximally eliminate the consequences of oil spills and oil products in the water areas and to avoid environmental catastrophe. To this materials a number of requirements are met: hydrophobicity, high oil content, buoyancy, ability to retain oil when removing the sorbent from the water area, opportunity of utilization or biodegradability, resistance to degradation in the aquatic environment, the possibility of multiple regeneration, ease of operation, efficiency of operation over a wide range of temperatures, non-toxicity, reasonable (optimal) cost. The obtainedmaterial has these requirements. The technical characteristics of the sorption material, the oil capacity, the express quality control of the water extract of the developed granular adsorbent for acute lethal toxicity for crustaceans of the species *Daphnia Magna* Str. And fishes of the *Poecilia Reticulata* Pet., the way of utilization of the oily sorbent are presented.

Keywords: hydrophobic sorption material, oil spills and oil products, outdoor pond, oil spill scheme, biotesting, secondary pollution.

тные водные объекты. В настоящее время железнодорожные пути, расположенные на расстоянии менее 100 м до водного объекта занимают 5–10 % территории нашей страны. Водным кодексом РФ в границах водоохраных зон запрещен сброс сточных вод, к которым непосредственно относятся и поверхностные стоки с железнодорожных путей [9].

Углеводородный состав нефти варьируется в достаточно широких пределах в зависимости

от месторождения. Алканы являются преобладающим классом углеводородных соединений нефти. Их содержание составляет от 30 до 86 %, циклоалканов — 40–70 %, аренов — 15–35 % [11].

Правительство Российской Федерации в целях предупреждения и организации работ по ликвидации последствий нефтяных разливов, защиты населения и окружающей природной среды от их вредного воздействия приняло ряд постановлений [1, 7].

Структура, порядок разработки и введения в действие Плана по предупреждению и ликвидации нефтяных разливов определены приказом МЧС России от 28.12.2004 г. № 621.

Несмотря на то, что в РФ действует законодательная база в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и охраны окружающей среды [6], анализ нормативно-правовых документов показал, что в нашей стране пока не создана целостная система, регулирующая планирование мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. Особо остро эта проблема стоит на региональном и федеральном уровне [2].

На данный момент существуют различные методы очистки поверхностных вод от нефтяных разливов: механический, термический, физико-химический и биологический методы. Все они имеют свои достоинства и недостатки [7].

Термический метод, основанный на выжигании слоя нефти, применяется при толщине слоя нефти более 3 мм, скорости ветра менее 35 км/ч, безопасном расстоянии до 10 км от места сжигания по направлению ветра и непосредственно после загрязнения, до образования эмульсий с водой. Этот метод, как правило, применяется в сочетании с другими методами ликвидации разливов.

Механический метод имеет наибольшую эффективность в первые часы после разлива. Причиной тому является достаточная толщина слоя нефти. С течением времени слой становится тоньше, а площадь загрязнения больше. Данная технология не решает проблему полностью, так как после сбора на водной поверхности остаётся около 30 % нефтепродуктов. Отрицательной стороной данного метода является то, что при сборе нефти с помощью всасывающих устройств

нефтеборщники поглощают значительное количество воды, около 40–80%.

Химический метод позволяет добиться очистки воды от нефтепродуктов до 95 %. Такой показатель достигается при добавлении в воду вступающих в реакцию с нефтью различных реагентов. Такие вещества выводят нефть в виде осадка. Недостатком данного способа является возможность накопления нефтепродуктов на дне водоёма, что приводит к вторичному загрязнению водной среды. Еще одной разновидностью данного способа является использование адсорбентов [1, 12]. Эффективность очистки воды достигает до 98 %. Недостатком данного способа является невозможность его применения для очистки водных объектов с течением, например в реках. Дело в том, что для использования этого метода объём воды должен быть ограниченным. Таким образом, очаг загрязнения должен быть локализован.

Биологический метод очистки основан на применении нефтеокисляющих бактерий. С их помощью происходит микробиологическое разложение нефти. На основе данных микроорганизмов по определённой технологии изготавливают сухой порошок. Применение данного метода затруднено. Причиной этому является медленное протекание процесса. Кроме того, концентрация нефтепродуктов должна быть достаточно мала. Среди достоинств данного метода необходимо выделить большую эффективность при малых концентрациях и экологическую безопасность.

Физико-химический метод с использованием диспергентов и сорбентов эффективен в тех случаях, когда механический сбор нефти и нефтепродуктов невозможен. Сорбенты при контакте с водной поверхностью начинают немедленно впитывать нефть и нефтепродукты, максимальное насыщение достигается в период первых десяти секунд (если нефтепродукты имеют среднюю плотность), после чего образуются комья материала, насыщенного нефтью. В крайних случаях, если пятно движется, например, к заповедным местам, его могут обрабатывать диспергентами. Они представляют собой специальные химические вещества, которые расщепляют нефтяную пленку и не дают ей распространяться. Однако диспергенты негативно влияют на окружающую среду.

Таблица 1

Технические характеристики карбонатного шлама

Насыпная плотность	560 кг/м ³
Зольность сухого шлама	89 % (37 % — для замазученного шлама)
Органический углерод	11 %
Влагоемкость шлама	57% масс.
Гранулометрический состав, %	>1,4 1,0÷1,4 0,5÷1,0 0,09÷0,5 < 0,09 мм 26,9 5,7 8,7 49,8 8,9
pH	8,53 (слабощелочная)

К сорбционным материалам, позволяющим при минимальных затратах, максимально эффективно ликвидировать последствия разливов нефти и нефтепродуктов на акваториях и избежать экологической катастрофы, предъявляются ряд требований: гидрофобность, высокая нефтеёмкость, плавучесть (способность удерживаться на поверхности воды), способность к удерживанию нефти при удалении сорбента с акватории, легкость утилизации или биоразлагаемость, устойчивость к разрушению в водной среде, возможность многократной регенерации, простота эксплуатации, эффективность работы в широком диапазоне температур, нетоксичность, целесообразная (оптимальная) стоимость [4].

В данной работе исследуется ликвидация разливов новым гидрофобным сорбционным материалом. Данный материал получен на основе карбонатного шлама. Карбонатный шлам водоподготовки является отходом энергетики, продуктом процессов известкования и коагуляции при очистке природной воды в осветлителе. Экспериментальные исследования проводились с использованием карбонатного шлама Казанской ТЭЦ-1.

Рентгенографический качественный фазовый анализ шлама на дифрактометре D 8 ADVANCE фирмы Bruker показал следующий химический состав: кальцит CaCO₃ — 72 %, брусит Mg(OH)₂ — 9 %, портландит Ca(OH)₂ < 1 %, кварц — 0,5 %, остальные прочие вещества — 17,5 %.

Шлам содержит органические вещества — до 12 % от общей массы образца, которые выявлены методом газовой хромато-масс-спектрометрии. Хроматограмма показала наличие типовых функциональных групп гуминовых веществ -ОН, =NH-, -CH₃, =CH₂, ароматических -HC=CH- — связей, -COOH — карбоксильных групп и -ОН — спиртовых групп. Материалы, поверхность которых характеризуется наличием сильнополярных групп, имеют повышенную гидрофильность.

Определены технические характеристики карбонатного шлама как сорбционного материала. Результаты представлены в табл. 1.

Шлам имеет достаточно однородный гранулометрический состав, pH водной вытяжки шлама — 8,53. Влагоемкость шлама — 57 %, что подтверждает высокую гидрофильность и плохую смачиваемость неполярными соединениями.

Для увеличения смачиваемости нефтепродуктами и повышения плавучести шлама необходимо провести гидрофобизацию. Для обработки поверхности шлама выбран гидрофобизирующий состав на основе кремний органической жидкости «Силор». Кремний органическую жидкость «Силор» получают деструкцией отходов силиконовых каучуков [8]. Стоимость 1 кг жидкости «Силор» составляет от 50 до 60 руб. Жидкость «Силор» подходит для обработки мелкодисперсных порошков, где развитая площадь поверхности достигается за счёт высокой дисперсности материала. Таким образом, на основе мелкодисперсного шлама и жидкости «Силор» получен сорбционный материал (СМ) для очистки поверхности водных объектов от разливов нефтепродуктов. Гидрофобный СМ получается модифицированием шлама химводоочистки (влажность W = 3 %, фракция 0,01—0,09 мм) 100 % кремний органической жидкостью «Силор» при объемном и массовом соотношении жидкой и твердой фаз (0,20–0,25):1, термообработка проводится при 150 °С до установления постоянной массы [5].

Нефтеёмкость полученного СМ по отношению к чистым нефтепродуктам составила: по бензину — 1,37 г/г, дизельному топливу — 1,39 г/г, турбинному маслу — 1,46 г/г, нефти Шийского месторождения — 0,95 г/г. Среднее время наступления адсорбционного равновесия составляет 5–7 минут.

Проведен экспресс-контроль качества водной вытяжки разработанного гидрофобного СМ на острую летальную токсичность рыб вида *Poeciliareticulata* Pet. и ракообразных *Daphniamagna* Str. Результаты представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Результаты биотестирования при определении острой летальной токсичности водной вытяжки СМ на рыб вида *Poeciliareticulata* Pet.

Время от начала опыта, ч	Количество выживших рыб, шт.													
	Культивационная вода			Х	Кратность разбавления 1:1			Х	Процент выживших рыб	Неразбавленная			Х	Процент выживших рыб
	повторность				повторность					повторность				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
96	10	10	10	10	10	10	10	100	10	10	10	10	100	

Таблица 3

Результаты биотестирования при определении острой летальной токсичности водной вытяжки СМ на ракообразных вида *Daphniamagna* Str.

Опыт	Количество выживших дафний, шт.			Х	Процент умерших дафний, %
	1	2	3		
Контрольная культивируемая вода	9	10	10	9,66	–
Водная вытяжка «СМ-5»	5	6	8	6,33	34,47
1:1	6	8	8	7,33	24,12
1:3	8	6	7	7	27,54
1:7	6	7	8	7	27,54
1:15	7	10	9	8,66	10,35

Водная вытяжка разработанного материала не оказывает острого токсического действия на ракообразных вида *Daphniamagna* Str и рыб вида *Poeciliareticulata* Pet.

Основное направление использования разработанного сорбента — ликвидация нефти и нефтепродуктов с водной поверхности, образованных в результате разлива. Поэтому проведены лабораторные исследования процесса поглощения нефти разработанным сорбционным материалом, равномерно распределенным по поверхности воды для удаления нефтяного пятна. Для этого сорбент в количестве 0,06 г помещается в емкость с водой объемом 1000 мл, искусственно загрязненной нефтью. Время контакта сорбента с нефтепродуктом составило 24 часа. Исходная концентрация нефти составила — 100 мг/дм³, также ориентировочно определена площадь нефтяного пятна — 38,5 см². Через сутки сорбент, насыщенный нефтепродуктами, удаляется с поверхности с помощью специального сборного устройства, которое представляет из себя сетку с размером ячеек 0,5×0,5 мм, закрепленную на металлическом каркасе. Вода после очистки анализируется на остаточное содержание нефтепродуктов на приборе «UNICO 1201» по стандартной методике. Остаточная концентрация нефтепродуктов составила — 0,009 мг/дм³ [11].

В табл. 4 представлены показатели качества воды по результатам которой выявлено, что СМ не приносит вторичного загрязнения в водный объект.

Положительные результаты проведения эксперимента по очистке водной поверхности от нефтепродуктов с помощью разработанного СМ позволяют использовать его для ликвидации реальных нефтяных загрязнений на водных объектах [6].

Экологическую обстановку в РТ определяют предприятия теплоэнергетического комплекса и нефтяной промышленности, химические, нефтехимические и машиностроительные производства, строительный комплекс и сельское

Таблица 4

Показатели качества водной среды после очистки СМ от нефти и нефтепродуктов

Показатель	Значения очищенной воды	Значения ПДК, не более
SiO ₃ ²⁻ , мг/дм ³	0,04	10,00
Ж _о , мг-экв./дм ³	0,50	7,00
Ж _{Ca} ²⁺ , мг-экв./дм ³	0,20	–
O _к , мгKMnO ₄ /дм ³	0,80	5,00
Щ _о , мг-экв./дм ³	0,40	–
Fe _{общ} , мг/дм ³	0,05	0,30

хозяйство. Существующая структура промышленности, устаревшие технологии формируют в республике широкий круг природоохранных проблем и резко обостряют экологическую обстановку. Одним из примеров нефтяного разлива является заболоченная старица реки Карла в 30 м к северо-востоку от г. Буинска (рис. 1).

Суммарная площадь пятен загрязнения на этом участке составляет 0,65 га. Толщина слоя нефтепродуктов, плавающих на поверхности воды — 0,7–1,2 м. В местах повышенного течения воды толщина слоя нефтепродуктов уменьшается до 5–6 см.

Исследования проводились с использованием рамки размерами 40×20 см, выполненной из пенополистирола (пенопласта), а также этой же рамки, обтянутой полимерной тканью.

На участке исследований перед обработкой воды определялось приблизительная толщина слоя нефтепродуктов для расчета расхода сорбента. В нашем случае она составила 0,5 см. Расчетным путем установим необходимое количество сорбента.

$$M = F_p \times \delta \times \rho_n : \text{НФ} \times 1,1,$$

где F_p — площадь обработки водной поверхности, см²; δ — толщина слоя нефтепродуктов, см; ρ_n — плотность разлитого нефтепродукта, г/см³; НФ — нефтеемкость сорбента, г/г; 1,1 — избыток сорбента.

$M = 800 \times 0,5 \times 0,92 : 0,95 \times 1,1 = 352,2$ г сорбента.

Сорбент выдерживался в воде определенное время (рис. 2, 3), после чего определялась фактическая (динамическая) нефтеёмкость образца весовым методом.

В ходе проведения экспериментов в лабораторных условиях было замечено, что при легком раскачивании стакана (имитация течения воды в водоеме), в котором происходила сорбция нефтепродуктов, смесь сорбента с нефтепродуктом образует плотное отложение на поверхности стакана. Данное явление позволило предположить, что поверхность бона может служить неким сборником отсорбированного материала с поверхности водного объекта, а также транспортом его на плавсредства.

В развитие данного предположения были проведены дополнительные исследования. Химический стакан изнутри был обложен полимерной тканью, из которой изготовлены боны. Данный стакан со смесью «вода–нефть–сорбент» был помещен на магнитную мешалку, режим перемешивания был установлен максимально приближенным к легкому волнению на водных объектах (рис. 4, а).

Как показал эксперимент, при снятии ткани со стакана с поверхности воды извлечено порядка 90 % смеси сорбента и нефти (рис. 4, б).

Из рис. 5 видно, что материал бона хорошо удерживает на своей поверхности смесь «сорбент СМ–нефть».

Разлив нефти и нефтепродуктов на поверхности происходит обширным растеканием. Из-за разности полярности воды и нефтепродуктов не происходит перемешивание жидкостей. При растекании по поверхности слой нефтепродуктов стремится к уменьшению толщины. Для локализации разлива нефти и нефтепродуктов используются плавающие боны постоянной плавучести, марка бонов подбирается в зависимости



Рис. 1. Заболоченная старица реки Карла



Рис. 2. Размещение рамки (имитации бонового заграждения) на исследуемом водном объекте

ти от места применения и количества разлитых нефтепродуктов. СМ доставляется к месту аварии в бункерах, установленных на судне. В область локализованных нефтепродуктов СМ распыляется с помощью устройства типа питатель



Рис. 3. Нанесение сорбента на поверхность воды, загрязненной нефтепродуктами

«Р126-Р741» или аналогичный. В реальных условиях сложно определить количество СМ, необходимое для полного поглощения нефтепродукта [13]. Для этого СМ распыляется на пятно нефтепродукта с избытком. Согласно проведенному лабораторному эксперименту время контакта СМ с нефтепродуктом до его полного насыщения составляет не более 10 минут. Если после истечения 10 минут сквозь распыленный СМ проявляется нефтяное пятно, то необходимо повторить нанесение СМ. Кремнийорганическая жидкость «Силор» придает значительный гидроизолирующий эффект СМ и его невысокая сорбционная емкость по нефтепродуктам (1,3:1) относительно волокнистых синтетических адсорбентов (6:1 и более) снижает риски до минимума потопления насыщенного СМ. Сбор насыщенного СМ с поверхности производится с помощью грязевой мотопомпы с диаметром шланга от 80 до 100 мм.

На рис. 6 представлена схема ликвидации нефтяного загрязнения с использованием разработанного СМ.

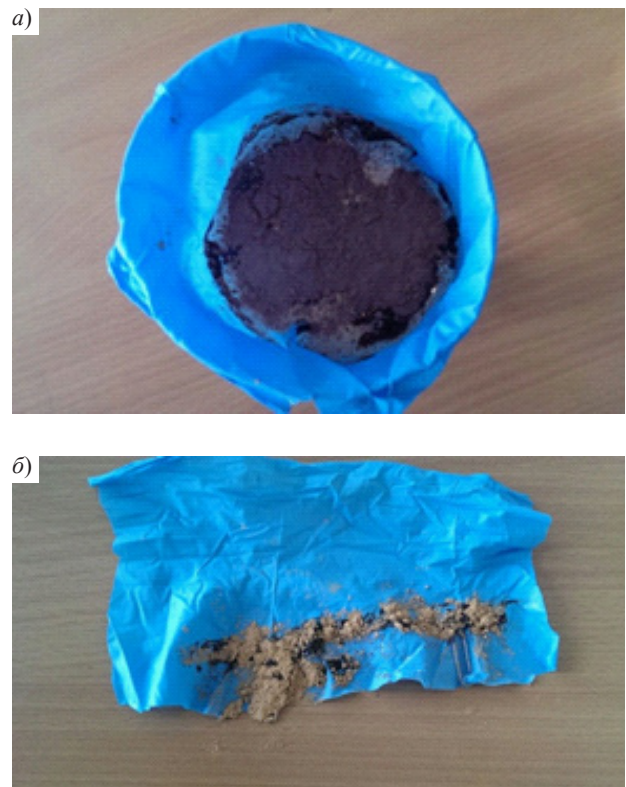


Рис. 4. Исследование сорбционных свойств полимерной ткани: а — процесс сорбции нефти до перемешивания; б — эффект перемешивания при сорбции нефти



Рис. 5. Исследование сорбционных свойств полимерной ткани в условиях водного объекта

Насыщенный нефтью СМ предполагается не регенерировать, а использовать как вспомогательное топливо на объектах малой энергетики. Калориметрически определена теплота сгорания отработанного материала, которая составила 22,6 МДж/кг, что сравнимо по теплоте сгорания с каменными углями ($Q_p^H < 23,8$ МДж/кг), Кузнецкого ($Q_p^H < 22,7$ МДж/кг), Норильского ($Q_p^H < 22,6$ МДж/кг), Якутского ($Q_p^H < 22,9$ МДж/кг) бассейнов.

Выводы

1. Разработан порошкообразный гидрофобный материал для очистки поверхности водных объектов от нефтепродуктов (мелкодисперсный

шлам с диаметром меньше 0,5 мм, пропитанный гидрофобизирующей жидкостью «Силор», в соотношении 1:5 к массе шлама, термообработка при 150 °С в течение 60 минут).

2. Установлено, что водная вытяжка СМ не оказывает острого токсического действия на рыб вида *Poeciliareticulata* Pet. и ракообразных *Daphniamagna* Str.

3. Полученные результаты подтверждают, что СМ является практически безопасным и относится к 5-му классу опасности для окружающей природной среды.

4. Проведен эксперимент по ликвидации нефтяного разлива гидрофобным СМ в естественных условиях на примере р. Карла РТ.

5. Предложено технологическое оборудование для ликвидации нефтяных разливов новым гидрофобным сорбционным материалом.

Литература

1. Van Hamme J. D., Singh A, Ward O.P. (2006). «Physiological aspects. Part 1 in series of papers devoted to biosurfactants in microbiology and biotechnology», *Biotechnology Advance*, vol. 24, pp. 604–620.
2. Вишняков, Д. Я., Новоселов, А. Л., Авраменко, А. А., Загвоздкин, В. К., Заикин, И. А. (2005). «Экономический анализ методов ликвидации последствий аварийных разливов нефти», *Экология и промышленность России*, июнь, сс. 42–45.
3. Патин, С. А. (2008). *Нефтяные разливы и их воздействия на морскую среду и биоресурсы*. М.: Изд-во ВНИРО, 508 с.
4. Воробьев, Ю. Л., Акимов, В. А., Соколов, Ю. И. (2005). *Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов*. М.: Ин-октаво, 368 с.
5. Каменщиков, Ф. А., Богомольный, Е. И. (2006). *Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта*. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 528 с.
6. Николаева, Л. А., Голубчиков, М. А., Захарова, С. В. (2012). «Изучение сорбционных свойств шлама осветлителей при очистке сточных вод ТЭС от нефтепродуктов», *Известия вузов. Проблемы энергетики*, № 9–10, сс. 86–91.
7. Николаева, Л. А., Голубчиков, М. А., Захарова, С. В. (2012). «Гранулированные гидрофобные адсорбенты на основе карбонатного шлама осветлителей ХВО КТЭЦ-1 для

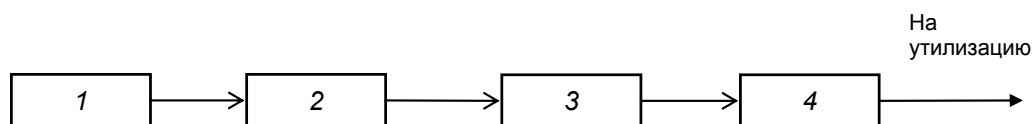


Рис. 6. Схема ликвидации нефтяных разливов нефтепродуктов с поверхности с помощью СМ:
 1 — концентрирование нефтяного загрязнения, 2 — распыление адсорбента, 3 — сбор насыщенного адсорбента,
 4 — утилизация отработанного адсорбента

доочистки сточных вод от нефтепродуктов», Энергосбережение и водоподготовка, № 4, сс. 24–30.

8. Nikolaeva, L., Laptev, A., Golubchikov, M. (2015), «Purification of industrial enterprises wastewater from petroleum products using new granular hydrophobic sorbents», Nature, Environment and Pollution Technology, vol. 14, № 3, pp. 685–690.

9. Палютин, Ф. М., Бабурина, В. А., Ромахин, А. С. (2006), «Применение кремнийорганической жидкости «Силор» в нефтедобывающей промышленности», Вестник Казанского технологического университета. № 2, сс. 114–116.

10. Постановление Правительства РФ от 15.04.2002 № 240. О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации [электронный ресурс]: Доступно по ссылке: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-15042002-n-240/> (дата обращения 11.10.2016).

11. Постановление Правительства РФ от 21.08.2000 № 613. О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [электронный ресурс]: (в редакции постановления правительства РФ от 15.04.2002 № 240). Доступно по ссылке: <http://www.mchs.gov.ru/document/4312461> (дата обращения 11.10.2016).

12. Приказ МЧС России от 28.12.2004 № 621. Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации [электронный ресурс]: Доступно по ссылке: (дата обращения 11.10.2016).

13. Теплых, С. Ю. (ред.) (2012). Влияние поверхностного стока с путей на водные объекты. Путь и путевое хозяйство: научно-популярный производственно-технический журнал, 2012, № 5, с. 27–29.

14. Сироткина, Е. Е., Новоселова, Л. Ю. (2005). «Полипропиленовые волокнистые материалы для сорбции нефти и нефтепродуктов с поверхности воды», Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, № 10. сс. 14–21.

15. Школьников, В. М. (ред.) (2010). Горючие, смазочные материалы: Энциклопедический толковый словарь-справочник. 2-е изд., доп. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» Международной Академии Информатизации», 756 с.

Reference

1. Van Hamme, JD, Singh, A, Ward, OP (2006), “Physiological aspects. Part 1 in series of papers devoted to biosurfactants in microbiology and biotechnology”, Biotechnology Advance, vol. 24, pp. 604–620.

2. Vishnyakov, D., Novoselov, A., Avramenko, A., Zagvozdkin, V., Zaikin, I. (2005), Ekonomicheskiy analiz metodov likvidatsii posledstviy avariynih razlivov nefiti [Economic analysis of methods of liquidation of consequences of oil spills], Ecology and Industry of Russia, June, pp. 42 – 45 (in Russian).

3. Patin, S. (2008), Neftyanyie razlivyi i ih vozdeystviya na morskuyu sredu i bioresursyi [Oil spills and their effects on the marine environment and bioresources], Moscow, VNIRO, p. 508 (in Russian).

4. Vorobiev, Yu., Akimov, V., Sokolov, Yu. (2005). Preduprezhdenie I likvidatsiya avariynih razlivov nefiti I

nefteproduktov [Prevention and liquidation of oil spills and oil products], Moscow, In Octavo, p. 368 (in Russian).

5. Kamenshchikov, F., Bogomolny, E. (2006), Udalenie nefteproduktov s vodnoy poverhnosti i grunta [Removal of oil products from the water surface and soil]. Moscow, Institute for Computer Research, p. 528 (in Russian).

6. Nikolaeva, L., Golubchikov, M., Zakharova, S. (2012), Izuchenie sorbtionnyih svoystv shlama osvetlitley pr iochistke stochnyih vod TES ot nefteproduktov [Study of the sorption properties of clarifier sludge during the treatment of waste water from TPPs from oil products], Izvestiya VUZov Problems of energy, no. 9-10, pp. 86–91 (in Russian).

7. Nikolaeva, L., Golubchikov, M., Zakharova, S. (2012), Granulirovannyye gidrofobnyie adsorbenty I na osnove karbonatnogo shlamaosvetlitley HVO KTETS-1 dlya doochistki stochnyih vod ot nefteproduktov [Granulated hydrophobic adsorbents based on carbonate sludge of HVO clarifiers KTETS-1 for post-treatment of sewage from oil products], Energy saving and water treatment, no. 4, pp. 24–30 (in Russian).

8. Nikolaeva, L., Laptev, A., Golubchikov, M. (2015). Ochistka stochnih vod promishlenich predpriatii ot nefitanihproduktov s ispolzovaniem granulirovanogo sorbsionogo sorbenta [Purification of industrial enterprises wastewater from petroleum products using new granular hydrophobic sorbents]. Nature, Environment and Pollution Technology, vol. 14, no. 3, pp. 685–690.

9. Palyutin, F., Baburina, V., Romakhin, A. (2006). Primenenie kremniyorganicheskoy zhidkosti «Silor» v nefte dobyivayushey promyshlennosti [The use of silicone fluid “Silor” in the oil industry], Bulletin of Kazan Technological University. no.2, pp. 114–116 (in Russian).

10. Postanovlenie Pravitelstva RF from 15.04.2002 no.240. O poryadke organizatsii meropriyatii po preduprezhdeniyu I likvidatsii razlivov nefiti I nefteproduktov na territorii Rossiyskoy Federatsii [Decree of the Government of the Russian Federation №240 of April 15, 2002. On the procedure for organizing measures to prevent and eliminate oil and oil product spills in the territory of the Russian Federation]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_36284/.

11. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 21.08.2000 №613. O неотложных мерах по предупреждению I likvidatsii razlivov nefiti I nefteproduktov [Decree of the Government of the Russian Federation of August 21, 2000 №613. On Urgent Measures for the Prevention and Elimination of Oil and Oil Products Spills]. Available at <http://www.mchs.gov.ru/document/4312461> (in Russian).

12. Prikaz MChS Rossii ot 28.12.2004 №621. Ob utverzhdenii Pravil razrabotki I soglasovaniya planov po preduprezhdeniyu I likvidatsii razlivov nefiti I nefteproduktov na territorii Rossiyskoy Federatsii [The order of the Ministry of Emergency Measures of Russia from 28.12.2004 No.621. About the statement of Rules of development and the coordination of plans on the prevention and liquidation of floods of oil and mineral oil in territory of the Russian Federation]. Available at:http://www.mchs.gov.ru/law/Normativno_pravovie_akti_Ministerstva/item/5380568.

13. Teplykh, S. (ed.) (2012). Vliyaniye poverhnostnogo stoka s putey na vodnyie ob'ekty [Influence of surface runoff from paths to water objects]. Path and track economy: popular scientific and industrial journal, 2012, no. 5, pp. 27–29 (in Russian).

14. Sirotkina, E., Novoselova, L. (2005), Polipropilenovyye voloknistyye materialy dlya sorbtzii nefi i nefteproduktov s poverhnosti vody [Polypropylene fibrous materials for the sorption of oil and oil products from the surface of water], Environmental Protection in the Oil and Gas Complex, no. 10, pp. 14–21 (in Russian).

15. Shkolnikova, V. (ed.) (2010). Goryuchie, smazochnyie materialy: Entsiklopedicheskiy tolkovyy slovar-spravochnik [Flammable, lubricating materials: Encyclopaedic explanatory dictionary-reference]. Ext. M. OOO «Publishing Center» Tehinform «of the International Academy of Informatization», 756 p. (in Russian).

Авторы

Котляр Мирослава Николаевна, канд. техн. наук
Казанский государственный энергетический университет
E-mail: kotlyar-mira@mail.ru

Николаева Лариса Андреевна, канд. хим. наук
Казанский государственный энергетический университет
E-mail: larisnik16@mail.ru

Хамзина Диана Айратовна, аспирант
Казанский государственный энергетический университет

Authors

Kotlyar Miroslava Nikolaevna, Ph.D. in Engineering
Kazan State Power Engineering University
E-mail: kotlyar-mira@mail.ru

Nikolaeva Larisa Andreevna, Ph.D. in Chemistry
Kazan State Power Engineering University
E-mail: larisnik16@mail.ru

Hamzina Diana Airatovna, Postgraduate Student
Kazan State Power Engineering University