

УДК 502.37

UDC 502.37

05.00.00 Технические науки

Technical science

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

**RESEARCH METHODS OF WATER PURIFICATION FROM POLLUTION WITH PETROLEUM AND PETROLEUM PRODUCTS**

Привалова Наталья Михайловна  
к.х.н., доцент  
[dodoka57@mail.ru](mailto:dodoka57@mail.ru)

Privalova Natalia Mikhailovna  
Cand.Chem.Sci., associate professor  
[dodoka57@mail.ru](mailto:dodoka57@mail.ru)

Двадненко Марина Владимировна  
к.х.н., доцент  
[meriru@rambler.ru](mailto:meriru@rambler.ru)  
*Кубанский Государственный Технологический университет, Краснодар, Россия*

Dvadenko Marina Vladimirovna  
Cand.Chem.Sci., associate professor  
[meriru@rambler.ru](mailto:meriru@rambler.ru)  
*Kuban State University of Technology, Krasnodar, Russia*

Некрасова Алина Александровна  
эксперт  
[midel80@mail.ru](mailto:midel80@mail.ru)  
*ЭКЦ ГУ МВД России по Краснодарскому краю, Краснодар, Россия*

Nekrasova Alina Aleksandrovna  
expert  
[midel80@mail.ru](mailto:midel80@mail.ru)  
*ECC MD MIA of Russia for the Krasnodar region, Krasnodar, Russia*

Попова Ольга Сергеевна  
инженер-эксперт  
[p\\_olgas@mail.ru](mailto:p_olgas@mail.ru)  
*ООО Азово – Черноморская Экспертная Компания, Новороссийск, Россия*

Popova Olga Sergeevna  
engineer expert  
[p\\_olgas@mail.ru](mailto:p_olgas@mail.ru)  
*Azov-Black Sea Expert Company, Novorossiysk, Russia*

Привалов Дмитрий Михайлович  
магистр  
[privaldo@mail.ru](mailto:privaldo@mail.ru)  
*Кубанский Государственный Технологический университет, Краснодар, Россия*

Privalov Dmitry Mihailovich  
master  
[privaldo@mail.ru](mailto:privaldo@mail.ru)  
*Kuban State University of Technology, Krasnodar, Russia*

Настоящая статья посвящена обзору существующих на данный момент способов очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами. Рассмотрены как наиболее популярные способы очистки, так и новые перспективные технологии, а именно биосорбционный метод, очистка при помощи магнитов, озонирование воды, очистка флотационно-кавитационным методом. По каждому методу борьбы с нефтяными загрязнениями приведены обстоятельства и факторы, в условиях которых применение данного метода является наиболее эффективным и экономически целесообразным. Кратко описана технология каждого метода, а также приведены его основные достоинства и недостатки, особенности применения и качество очистки вод

This article provides an overview of the currently existing methods of purification of waters from pollution with petroleum and petroleum products. The most popular cleaning ways and new emerging technologies are considered. For each method of combating with petroleum pollution the circumstances and the factors are given, under which the application of this method is the most efficient and cost-effective. The article briefly describes the technology of each method, and its main strengths and weaknesses, particularly the use and quality of water purification

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ, МЕТОДЫ ОЧИСТКИ, МЕХАНИЧЕСКИЙ МЕТОД, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД

Keywords: WATER POLLUTION WITH PETROLEUM AND PETROLEUM PRODUCTS, CLEANING METHODS, MECHANICAL METHOD, MICROBIAL PROCESS, PHYSICAL-CHEMICAL METHOD

В настоящее время существует острая проблема загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Это связано, прежде всего, с развитием нефтяной отрасли. Процессы добычи, транспортировки, переработки и утилизации зачастую сопровождаются выделениями вредных веществ в атмосферу и разливами нефтепродуктов. Таким образом, нефть и нефтепродукты попадают в окружающую среду и наносят ей значительный экологический ущерб. Страдают все компоненты экосистемы: почвы, водоёмы, атмосфера, растительный и животный мир. Безопасность жизнедеятельности человека находится под угрозой.

Многообразие существующих методов и активный поиск новой технологии, позволяющий эффективно бороться с загрязнениями нефтью и нефтепродуктами и при этом обладающей низкой стоимостью, доказывает актуальность существующей проблемы.

На данный момент существуют различные способы и вещества, позволяющие бороться с загрязнениями нефтепродуктами. Все они имеют свои достоинства и недостатки.

При выборе метода ликвидации разлива нефти, попавшей в окружающую среду, нужно исходить из следующих принципов:

- проведение работ в кратчайшие сроки;
- проведение операции по ликвидации разлива нефти не должно нанести больший экологический ущерб, чем сам аварийный разлив [1].

Рассмотрим наиболее популярные из них.

Термический метод. Применяется в основном при разливах нефти в водной среде, но по сравнению с другими методами применяется значительно реже. Для его применения необходимо, чтобы слой нефти был более 3 мм, в противном случае из-за охлаждающего действия воды она гореть не будет. Ещё одной проблемой при реализации данного метода является то, что горючие фракции улетучиваются достаточно быстро, что также препятствует горению.

Например, при ликвидации аварии «Торри Каньон» танкер бомбили и поджигали напалмом, но сгорело только  $1/5 - 1/6$  часть нефти [2].

Механический метод. Наибольшую эффективность данный метод имеет в первые часы после разлива. Причиной тому является достаточная толщина слоя нефти. С течением времени слой становится тоньше, а площадь загрязнения больше. Кроме того применение данного метода осложняется при очистке акваторий верфей и портов. Дело в том, что такие акватории загрязнены различным мусором: досками, щепой и другими предметами, что препятствует очистке вод от нефтепродуктов.

Во всём мире при ликвидации разливов нефтепродуктов в водной среде используются различные модификации нефтесборщиков. Данная технология не решает проблему полностью, так как после сбора на водной поверхности остаётся около 30 % нефтепродуктов. Ещё одной отрицательной стороной данного метода является то, что при сборе нефти с помощью всасывающих устройств нефтесборщики поглощают значительное количество воды, около 40-80 %. Забранная вода содержит нефтепродукты в различном состоянии: от плавающих до эмульгированных. Необходима дополнительная очистка этих вод прежде, чем вернуть их обратно в водоём, что несёт в себе дополнительные затраты. Таким образом, себестоимость очистки единицы загрязнённой нефтепродуктами площади возрастает приблизительно в 2 раза. Таким образом, использование данной технологии при толщине нефтяной плёнки 1-3 мм не рационально.

Химический метод. Данный способ 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. Ещё

одной разновидностью данного способа является использование адсорбентов [3,4]. С помощью них достигается очистка воды до 98 %. Недостатком данного способа является невозможность его применения для очистки вод 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.

Микробиологический метод. Этот способ основан на применении нефтеокисляющих бактерий. С их помощью происходит микробиологическое разложение нефти. На основе данных микроорганизмов по определённой технологии изготавливают сухой порошок. Кроме самих бактерий в его состав входят биогенные соли, необходимые для подкормки и активизации бактерий. Содержание влаги в этом препарате составляет около 10 %. Применение данного метода затруднено. Причиной тому 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. Кроме этого данный метод является экономически целесообразным.

Управляемая интенсификация биодegradации углеводородов путем целенаправленного применения селективных нефтеокисляющих бактерий – является перспективным направлением для очистки производственных сточных вод от примесей нефтепродуктов. Исходя из этого, для применения такого рода биопрепаратов, содержащих активные микроорганизмы, необходима разработка эффективной технологии применения этих препаратов. Наилучший результат будет достигнут только в случае строгого выполнения данной технологии в процессе очистки. При оптимальном соотношении консорциума микроорганизмов и концентрации биостимулирующих веществ удается ускорить

биологическое окисление нефтяных загрязнений в десятки и сотни раз и снизить остаточное содержание нефтепродуктов до конечных продуктов окисления –  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  [2].

Дамбы. Для локализаций загрязнений нефтепродуктами на почве и воде применяются различные типы дамб. Кроме дамб могут использоваться земляные амбары, запруды, а также траншеи для отвода нефти. Применение того или иного сооружения зависит от различных факторов: расположения на местности, времени года, размера загрязнения и других факторов.

Физико-химический (метод с использованием сорбентов). В настоящее время этот метод признан наиболее эффективным и безопасным. Выбор того или иного сорбента зависит от ряда факторов, в том числе от масштаба загрязнения, этапа очистки, требуемого качества очистки, а также от состояния загрязняющих нефтепродуктов [5]. В этом направлении происходит активный поиск путей улучшения качества уже существующих веществ и разработка новых. Наиболее перспективными считаются природные сорбенты и сорбенты из растительных остатков.

Кроме вышеуказанных традиционных методов, в настоящее время разрабатываются новые методы и технологии, позволяющие эффективно бороться с нефтяными загрязнениями. Подробнее остановимся на некоторых из них.

Биосорбционный метод, разработанный в НИИ ВОДГЕО, позволяет проводить глубокую очистку сточных вод от содержащихся в них нефтепродуктов. Принцип данного метода состоит в совместном применении сорбентов и микроорганизмов. Он основан на адсорбции загрязнений из воды активированным углем, биомодификации резистентных загрязнений в микропористой структуре сорбента в биоразлагаемую форму с последующим их окислением биопленкой на поверхности сорбента [6,7].

Данный способ является наиболее эффективным для очистки вод от биорезистентных и биоразлагаемых загрязняющих веществ, таких как: нефтепродукты, соединения азота, фосфорорганические и хлорорганические соединения и другие. Подобного рода результат не может быть достигнут с помощью отдельного использования микробиологического и сорбционного методов.

При помощи магнитов. Данный метод является перспективным для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты. Его принцип может быть использован при создании на нефтебазах, нефтеперерабатывающих предприятий, нефтепромыслах локальных очистных сооружений. Кроме того данная технология применима для ликвидации загрязнений водоёмов нефтепродуктами в результате техногенных аварий.

Технология очистки воды от эмульгированных и растворенных нефтепродуктов заключающаяся в фильтровании воды через несколько слоев базальтового волокна, чередующихся со слоями порошкообразного адсорбента - высокоактивного оксида алюминия, отличается тем, что воду предварительно пропускают через устройство с попарно установленными постоянными магнитами, обеспечивающими последовательное воздействие разноименных полюсов на воду[8].

Озонирование воды. Данный способ является одной из новых разработок в области очистки вод от нефтяных загрязнений. Очистка предварительно отфильтрованной воды проходит в два этапа. В результате в ней значительно снижается содержание растворенных углеводов и взвешенных веществ.

В специальных резервуарах смесь озона и воздуха вступает в контакт с водой. Часть озона, не вступившая в реакцию, выводится и распадается. Такой способ очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами, позволяет не только избавиться от углеводородов, но и улучшить их органолептические свойства.

Суть метода заключается в том, что фенолы и производные от них вещества, содержащиеся в нефтепродуктах, легко окисляются и нейтрализуются озоном. При окислении фенолы распадаются на углекислый газ и воду. Сточные воды промышленных предприятий содержат различные загрязняющие вещества, большинство из них могут быть ликвидированы с помощью озона. В результате проведения зарубежных исследований было установлено, что обработка озоном обеспечивает очистку воды на 80 и более процентов, причем наилучший эффект достигается при комбинированной очистке [9].

Очистка флотационно-кавитационным методом. Очистка сточных вод с помощью данного метода от органических загрязнителей достаточно широко распространена в различных промышленных отраслях. Причиной тому является достаточно простая технология очистки и доступность используемых реагентов. Но данный метод имеет существенный недостаток – невысокое качество очистки.

Для повышения качества очистки сточных вод возможно применение адсорбционных методов. Недостатком применения данного метода является повышение стоимости процесса. Для достижения глубокой очистки вод от содержащихся в них нефтепродуктов используются кавитационные явления, возникающие при работе насосов высокого давления установок напорной флотации. При возникновении этих явлений органические вещества, содержащиеся в водах разрушаются. Таким образом, применение данного метода доочистки нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий является целесообразным [10].

Очистка с помощью магнитных наночастиц. В настоящее время за рубежом широкое применение при очистке жидких сред от различных загрязнителей получил метод, основанный на использовании магнитных наночастиц. В основе технологии лежит принцип омагничивания нефтепродуктов путем добавления магнитной жидкости (МЖ) в сточные

воды и последующего отделения омагниченных нефтепродуктов специальными магнитными сепараторами. В процессе очистки сточных вод от нефтепродуктов предложенным способом, используется силовое взаимодействие МЖ и неоднородного магнитного поля. В загрязненную воду добавляют МЖ, после интенсивного перемешивания смеси, капельки МЖ растворяются в загрязнениях, которые становятся слабомагнитными. Полученную эмульсию пропускают через область неоднородного магнитного поля и извлекают магнитные капли, снижая, таким образом, содержание нефтепродуктов в воде [11]. Нанотехнологии позволят в перспективе решить ключевые проблемы цивилизации: энергетическая, экологическая и продовольственная безопасность [12].

Каждый из рассмотренных методов обладает своими достоинствами и недостатками. Выбор того или иного способа зависит от ряда факторов, таких как масштаб загрязнения, его специфика и экономическая целесообразность. Правильный выбор того или иного способа очистки позволит снизить экологический ущерб окружающей среды, что в свою очередь скажется и на здоровье человека.

#### Литература:

1. Морозов Н.В., Жукова О.В. Биотехнологии очистки нефти и нефтепродуктов при снятии локальных нефтяных загрязнений и в очистке производственных сточных вод, основанные на применении бактериальных препаратов [Электронный ресурс] // Московское Общество Испытателей Природы: сайт. – URL: <http://www.moip.msu.ru/?p=3004> (дата обращения: 15.02.2015).
2. Шведчиков Г.В. Новая технология борьбы с нефтяными загрязнениями на основе гидрофобных и олеофильных сорбентов // Общество. Среда. Развитие – 2010.– №3.– С. 225 – 228.
3. Двадненко М.В., Привалова Н.М., Кудаева И.Ю., Степура А.Г. Адсорбционная очистка сточных вод // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – №10. – С.214-215.
4. Двадненко М.В., Привалова Н.М., Кудаева И.Ю., Степура А.Г. Выбор адсорбента для очистки сточных вод // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – №10. – С.213-214.
5. Двадненко М.В., Привалова Н.М., Лявина Е.Б., Процай А.А., Динченко Ю.В. Использование сорбционной технологии для очистки нефтесодержащих сточных вод // Фундаментальные исследования. – 2009. – № S5. – С.45-46.

6. Швецов В.Н. Биосорберы – перспективные сооружения для глубокой очистки природных и сточных вод / В.Н. Швецов, К.М. Морозова // Водоснабжение и санитарная техника. – 1994. – № 1. – С. 8–11.
7. Швецов В.Н. и др. Очистка нефтесодержащих сточных вод биомембранными методами / В.Н. Швецов, К.М. Морозова, М.Ю. Семенов, М.Ю. Пушников, А.С. Степанов, С.Е. Никифоров // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 3. – С. 39–42.
8. Иванов В.Г., Глазков О.В., Глазкова Е.А., Смирнова Л.Д., Скрипников В.В., Качуровский А.Н., Лялин В.Н. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов // Патент РФ № 2168466
9. Очистка вод от нефти при помощи озона [Электронный ресурс] // ЗАО «Московские озонаторы»: сайт. – URL: <http://www.mozon.ru/informatsionnye-materialy/162-ochistka-ot-neft> (дата обращения: 15.03.2015).
10. Тарасенков Н. В. Глубокая очистка сточных вод от органических загрязнителей флотационно-кавитационным методом: дис. канд. техн. наук – Санкт – Петербург, 2006. – 158 с.
11. Привалова Н.М., Двадненко М.В., Марочкина С.Г., Лявина Е.В. Магнитожидкостная очистка промышленных нефтезагрязненных сточных вод // Успехи современного естествознания. – 2009. – №7. – С.151-152.
12. Мултых М.Е., Привалова Н.М., Буряк И.И., Привалов Д.М. Прошлое и настоящее нанотехнологий: нанопорошковая технология как средство гидрофобизации поверхностей различной физической природы// Научный журнал КубГАУ, № 2015

#### References:

1. Morozov N.V., Zhukova O.V. Biotehnologii ochistki nefti i nefteproduktov pri snjatii lokal'nyh neftjanyh zagryznenij i v ochistke proizvodstvennyh stochnyh vod, osnovannye na primenenii bakterial'nyh preparatov [Jelektronnyj resurs] // Moskovskoe Obshhestvo Ispytatelej Prirody: sajt. – URL: <http://www.moip.msu.ru/?p=3004> (data obrashhenija: 15.02.2015).
2. Shvedchikov G.V. Novaja tehnologija bor'by s neftjanyimi zagryznenijami na osnove gidrofobnyh i oleofil'nyh sorbentov // Obshhestvo. Sreda. Razvitie – 2010.– №3.– S. 225 – 228.
3. Dvadenko M.V., Privalova N.M., Kudaeva I.Ju., Stepura A.G. Adsorbcionnaja ochistka stochnyh vod // Sovremennye naukoemkie tehnologii. – 2010. – №10. – S.214-215.
4. Dvadenko M.V., Privalova N.M., Kudaeva I.Ju., Stepura A.G. Vybora adsorbenta dlja ochistki stochnyh vod // Sovremennye naukoemkie tehnologii. – 2010. – №10. – S.213-214.
5. Dvadenko M.V., Privalova N.M., Ljavina E.B., Procaj A.A., Dinchenko Ju.V. Ispol'zovanie sorbcionnoj tehnologii dlja ochistki neftesoderzhashhih stochnyh vod // Fundamental'nye issledovanija. – 2009. – № S5. – S.45-46.
6. Shvecov V.N. Biosorbbery – perspektivnye sooruzhenija dlja glubokoj ochistki prirodnyh i stochnyh vod / V.N. Shvecov, K.M. Morozova // Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. – 1994. – № 1. – S. 8–11.
7. Shvecov V.N. i dr. Ochistka neftesoderzhashhih stochnyh vod biomembrannymi metodami / V.N. Shvecov, K.M. Morozova, M.Ju. Semenov, M.Ju. Pushnikov, A.S. Stepanov, S.E. Nikiforov // Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. – 2008. – № 3. – S. 39–42.
8. Ivanov V.G., Glazkov O.V., Glazkova E.A., Smirnova L.D., Skripnikov V.V., Kachurovskij A.N., Ljalin V.N. Sposob ochistki stochnyh vod ot nefteproduktov // Patent RF № 2168466

9. Očistka vod ot nefti pri pomoshhi ozona [Jelektronnyj resurs] // ZAO «Moskovskie ozonatory»: sajt. – URL: <http://www.mozon.ru/informatsionnye-materialy/162-ochistka-ot-neft> (data obrashhenija: 15.03.2015).
10. Tarasenkov N. V. Glubokaja očistka stochnyh vod ot organičeskikh zagrijaznitelej flotacionno-kavitacionnym metodom: dis. kand. tehn. nauk – Sankt – Peterburg, 2006. – 158 s.
11. Privalova N.M., Dvadnenko M.V., Marochkina S.G., Ljavina E.V. Magnitozhidkostnaja očistka promyšlennyh neftezagrijaznennyh stochnyh vod // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. – 2009. – №7. – S.151-152.
12. Mulyh M.E., Privalova N.M., Burjak I.I., Privalov D.M. Proshloe i nastojashhee nanotehnologij: nanoporoshkovaja tehnologija kak sredstvo gidrofobizacii poverhnostej različnoj fizičeskoj prirody// Nauchnyj zhurnal KubGAU, № 2015