

Исследование возможности удаления нефти с поверхности воды с помощью магнитных полей.

Арапов И.Г.

Физика

9класс, МАОУ СОШ № 47 г. Владимира, Владимирской области

Научный руководитель: Арапова Е. В., МАОУ СОШ № 47 г. Владимира, Владимирской области

Введение. Наши современники, как ни одно другое поколение, на примере собственной жизни все больше и больше сталкиваются порой с катастрофическими последствиями беспечного и неосторожного обращения с природой. В связи с увеличением потребления и переработки нефти и нефтепродуктов возрастает и количество их разливов, ликвидация последствий которых представляет собой дорогостоящую операцию с привлечением больших сил и средств. По данным ОАО «Роснефть» количество прорывов нефтепроводов в 2010 году составило более 14000. ежегодно на территорию России проливается до 2 млн. тонн нефти, значительная часть которой вместе с дождевыми водами попадает в водные объекты. В качестве индикатора масштабов попадания нефти в окружающую среду можно использовать, например, загрязненность нефтепродуктами сибирских рек. общий объем выноса нефти реками в Северный Ледовитый океан с территории России может составлять 500 тысяч тонн в год и более. Американская фирма разработала технологию применения для сбора нефти магнитной жидкостью, придающей нефти магнитные свойства и позволяющая убирать ее даже в виде тонких пленок. Но есть проблемы, так как подобные реагенты в основном токсичны. Кроме того, возникают трудности с равномерным рассеиванием гранул на загрязненной водной поверхности, особенно в ветреную погоду. Для удаления нефти возможно применение минерального сырья – в частности перлитового. При термообработке при 600-1000оС перлитовое сырье

вспучивается. Для гидрофобизации на нем создается тонкая пленка парафинполимерной смеси. Нефтепоглощение: у необработанного перлита 0,52; после обработки – 0,64-0,7 г/г перлита. Попадая на поверхность воды, материал адсорбирует нефть и образует густую плотную массу, удобную для сбора обычными средствами (в том числе частыми траловыми сетями). Патент Канады предусматривает сбор разлитой по поверхности воды нефти с помощью диатомовой земли при соотношении объемов земли и нефти от 3:1 до 1:1. Образующийся глинообразный материал опускается на дно водоема. Смесь диатомной земли с сеном, соломой, торфом в сочетании с адсорбированной нефтью плавает на поверхности не меньше недели. В настоящее время ни один существующий метод не является эффективным и экологически чистым одновременно. За последние годы произошло несколько крупных разливов нефти, что нанесло огромный ущерб природе и экосистеме водоемов. В 2007 году тонны мазута попали в воды Керченского пролива, авария 2010 года в Мексиканском заливе (платформа ВР) и авария у берегов Новой Зеландии нанесли беспрецедентный ущерб экологии. Поэтому вопрос эффективной очистки водоемов от нефти требует скорейшего ответа.

Гипотеза: С помощью магнитного поля можно очищать водную поверхность

Объект исследования: Загрязненная нефтью водная поверхность.

Предмет исследования: Влияние магнитного поля на водную поверхность, загрязненную нефтепродуктами; водоемы, загрязненные нефтью.

Цель работы: Исследовать влияние магнитного поля на нефтяную пленку .

Задачи исследования:

Сопоставить влияние магнитного поля на нефтяную пленку, покрытую

- железными опилками;
- магнитной жидкостью;

- магнетитом
- железными опилками со смектитом диоктаэдрическим (1)
- магнетитом со смектитом диоктаэдрическим (2)

Определить площади загрязнения после очистки.

## Литературный обзор

При написании данной работы были использованы научная , научно-популярная, учебно-методическая , статьи в периодических изданиях.

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы магнитных жидкостей, явились работы Фертмана «Ёж в стакане» и книга Такетоми С., Тикадзуми С. «Магнитные жидкости» (пер. с японского) .

В первой доступно изложено строение и получение магнитных жидкостей.

В второй приведены разнообразные методы получения высоко намагниченных жидкостей. Много внимания уделено их техническому применению, как реализованному, так возможному. Интересно, что впервые магнитная жидкость была представлена миру после высадки американских астронавтов на Луну – её использовали как вакуумный герметизатор в шлемах космонавтов. Описаны физические методы применения и совершенствования вакуумных магнитожидкостных герметизаторов..

На сайте «Нанометр» можно найти интересные познавательные видеофильмы Т. Арефьевой и И. Арефьева

1. «Свойства магнитной жидкости как “умного материала”».
2. «Использование магнитной жидкости в качестве магнитной смазки».
3. «Получение магнитной жидкости из порошка».
4. «Демонстрация свойств магнитной жидкости: несмачиваемость водой, управляемость магнитным полем».

Опыт по реализации удаления нефти с поверхности воды рассмотрен на основе статей в периодической печати Магеррамова А М «Удаление тонких нефтяных пленок с водной поверхности» и Рубанова Ю Е «Удаление разливов

нефтепродуктов с поверхности воды комплексными сорбентами на основе оксидов железа».

## I Теоретическая часть.

### 1.1 Что такое магнетитсодержащие материалы?

Во второй половине прошлого века были синтезированы коллоидные растворы магнитных материалов, которые впоследствии получили название «магнитные жидкости (Magnetic fluids)» .

Магнитные жидкости - продукт нанотехнологий. Магнитные жидкости (МЖ) – ультрадисперсные (со средним диаметром нм) устойчивые коллоиды ферро- или ферромагнитных однодоменных частиц, диспергированных в различных жидкостях и совершающих интенсивное броуновское движение. В качестве дисперсной фазы используют малые частицы таких металлов как железо, кобальт, никель, гадолиний, их разнообразные ферриты, ферромагнитные окислы. Для предотвращения коагуляции коллоидного раствора, которая была бы неизбежной вследствие магнитного диполь-дипольного и ван-дер-ваальсовского взаимодействий и последующего укрупнения частиц, в качестве стабилизаторов применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ) типа олеиновой кислоты. Адсорбируясь на поверхности микрокристаллических дисперсных частиц ПАВ образуют защитную оболочку, представляющую из себя своеобразный структурно-механический барьер . Вследствие малого размера частиц МЖ она не расслаивается и сохраняют свою однородность практически неограниченное время.

Итак, мы выяснили, что магнитные жидкости представляют собой коллоидные дисперсии магнитных материалов (ферромагнетиков: магнетита, ферритов) с частицами размером от 5 нанометров до 10 микрометров, стабилизированные в полярной (водной или спиртовой) и неполярной (углеводороды и силиконы) средах с помощью поверхностно-активных веществ или полимеров. Они сохраняют устойчивость в течение двух-пяти лет и обладают при этом хорошей текучестью в сочетании с магнитными свойствами.

Магнитная жидкость является средой, сочетающей магнитные свойства с хорошей текучестью. Важной особенностью ферромагнитных коллоидов, в отличие от большинства известных магнитных систем, является свобода поступательного движения магнитных частиц, которая может быть причиной структурных превращений, связанных с одновременным изменением характера магнитного упорядочения и пространственного расположения частиц в слое жидкости.

Наблюдаемые в магнитной жидкости магнитомеханические, магнитооптические и электрофизические явления во многом определяются свойствами малых частиц, их взаимодействием во внешних полях и структурным состоянием системы. Широкий выбор жидких основ разработанных магнитных жидкостей (вода, керосин, синтетические и минеральные масла, перфторированные эфиры, глицерин и т.п.) может обеспечить реализацию магнитного управления работой многих технических устройств и технологических процессов.

Исследование таких жидкостей имеют большое теоретическое значение, так как связаны с решением фундаментальных физико-химических проблем, а также практическое значение, так как способствуют их применению в машиностроении, электронике, медицине, космической технике .

Разработка устройств с применением МЖ основанные на взаимодействии их с внешним магнитным полем, воздействующим на внутреннюю структуру коллоидной системы. Поэтому наряду с разработкой новых применений МЖ ведутся теоретические и экспериментальные исследования их физических и физико-химических характеристик, которые, в свою очередь, определяются свойствами коллоидных частиц, их взаимодействием во внешних полях. Научные достижения в этой области стали возможны за счет комплексного подхода с применением классических методов статистической термодинамики, молекулярной оптики, физики магнитных явлений, физической химии, механики сплошных сред. Все мы привыкли к магнитам в твёрдом состоянии. А как получить жидкий магнит?

1 2 Что представляет собой магнитная жидкость.

Магнитная жидкость состоит из трёх составляющих.

Первое, это частички магнетита (магнитной руды), измельчённые до 8–15 нм.

Если взять более крупные частички магнетита и размешать в водной основе, то они упадут на дно под действием силы тяжести, и к магниту будут притягиваться по отдельности. Если взять более мелкие частички, то не будет достаточных магнитных свойств. Наночастица магнетита 10 нм – это размеры 100 молекул воды.

Второе, это жидкость – основа, в которой частички магнетита будут взвешены. Для медицинских целей выбирают воду. Также в качестве основы берут керосин, полиэфир, вазелиновое масло.

Третье, нужна защитная оболочка. Если просто взвесить магнетит в жидкости, то мелкие частицы слипнутся, т.к. им так энергетически выгодно. Поэтому частицы магнетита нужно поместить в защитную оболочку, для этого берут олеиновую кислоту. Это длинная молекула, которая одной стороной прикрепляется к частицам магнетита, а другой – взаимодействует с молекулами жидкостной основы. Все составляющие тщательно перемешиваются, так что получается однородная масса, коллоидный раствор. В коллоидном растворе тепловое движение частичек удерживает их во взвешенном состоянии, и они не падают вниз под действием силы притяжения. Все способы получения описаны в [1].

В обычном состоянии частицы, из которых состоят вещества, находятся в тепловом движении. Для нано частиц магнетита энергия магнитного взаимодействия в поле магнита становится больше, чем энергия теплового движения, и частички, как маленькие магнитные стрелки, выстраиваются вдоль линий магнитного поля.

## II Экспериментальная часть

Для проведения исследования нефть была заменена отработанным маслом, т.к. ее свойства схожи.

Для создания нефтяной пленки в лабораторных условиях в чашку Петри наливали 40 мл воды, на поверхность которой прикапывали несколько капель отработанного масла. По мере образования пятна определяли его диаметр. Сбор нефтепродуктов осуществлялся четырьмя редкоземельными постоянными магнитами от привода считывающей головки жесткого диска. Была исследована зависимость сорбционной способности от времени сорбции и возраста пленки.

2.1 Определение площади растёкшейся пленки. 1 Была собрана установка из короткофокусной линзы от диапроектора, источника света и экрана укрепленные на штативе. На круглую лапку штатива положили чашку Петри с нефтяным пятном, на экране получали увеличенное изображение пятна и обводили его контур карандашом на экране. Таким образом, была получена площадь поверхности для всех опытов ( $S_1$ ).

2 После исследования влияния магнитного поля на пленку была таким же образом получена площадь оставшегося пятна по поверхности воды. ( $S_{1*}$ )

3 Для оценки качества очистки воды находили отношение площадей плёнки как отношение масс полученных бумажных поверхностей.

$$\frac{S_1}{S_{1*}} = \frac{m_1}{m_{1*}}. \text{ (Приложение 2)}$$

2.1 Опыты с магнитной жидкостью. Все мы привыкли к магнитам в твёрдом состоянии. А как получить жидкий магнит? На первый взгляд всё довольно просто, надо только измельчить какой-нибудь ферро магнитный материал и поместить его в жидкую среду. Однако всё оказалось не так просто: взвесь порошка в жидкости оседала, так как частицы оказывались очень тяжёлыми. Лишь в 60-х годах прошлого века удалось получить настолько малые частицы, что, будучи засыпанными в смесь керосина и олеиновой кислоты, они не стали выпадать в осадок. Оказалось, что полученная жидкость обладает довольно интересными свойствами. Прежде всего, такая жидкость является уже не ферромагнетиком, а сильнейшим парамагнетиком.

Итак, синтез магнитных жидкостей включает в себя: стадии получения частиц очень малых размеров, их стабилизацию в соответствующей жидкости-носителе и испытание полученной дисперсии в гравитационном и магнитном

полях. Для опытов мы взяли магнетит (входит в состав тонера для лазерных принтеров с магнитной основой- Canon). К нему добавили керосина и поверхностно активные вещества (ПАВ). Полученную смесь поставили на редкоземельный магнит (6 часов). И в результате получили черную массу – магнитную жидкость. (Приложение 1) В момент падения капли МЖ в нефть происходит адсорбция молекул олеиновой кислоты на поверхности раздела фаз вода-нефть или вода-воздух. Слой нефти растягивается в кольцо до тех пор пока силы поверхностного натяжения не разорвут его. Когда поверхность вода-воздух насыщается молекулами ПАВ, дальнейшее добавление уже не приводит к подобному явлению, поэтому следующие капли магнитной жидкости не вызывают "раз летания" капель нефти.

Так как МЖ синтезирована на основе керосина, она является растворимой в нефти, а вот в воде она не растворяется. После перемешивания в нефти содержатся магнитные нано частицы и она приобретает магнитные свойства. В результате ее можно собрать с помощью обычного магнита. В ходе опытов были получены данные: 74% загрязнений с поверхности воды были удалены с помощью магнита.

2.2 Опыты с магнетитом. Магнетит посыпали на поверхность загрязненную отработанным маслом и в результате около 72 % пленки было удалено. Т к магнетит очень малых размеров, то посыпанный порошок не тонул на дно, а распределялся на поверхности. Очистку воды можно производить механическим методом, например, с помощью активированного угля растертого в порошок, но он оседает на дно под действием силы тяжести. но существует сорбент с таким же действием размеры которого очень малы - смектит диоктаэдрический. Я предположил, что если смешать магнетит с абсорбентом, то можно будет собрать с помощью магнита больше нефтепродуктов. После проведенных опытов были получены результаты: 55% площади загрязнения очищено, часть смектита выпало в осадок (привело к помутнению воды).

2.3 Опыты с железными опилками. Я помещал отработанное масло на поверхность воды и посыпал железными опилками: железной пудрой, железными опилками диаметром 0,1 мм, диаметром 0,3 мм, диаметром 0,5 мм. Опилки большего диаметра не удерживались на поверхности воды и тонули в воде. Способностью очистки воды обладала только железная пудра. После воздействия магнитного поля только 69 % поверхности очистилось от нефтепродуктов. Я предположил, что если смешать железную пудру с абсорбентом, то можно будет собрать с помощью магнита больше нефтепродуктов. После проведенных опытов были получены результаты: 75% площади загрязнения очищено, часть смектита выпало в осадок (привело к помутнению воды).

Заключение. В результате проведенной мною работы я получил ферромагнитную жидкость, провел исследования с магнетитом, железной пудрой, магнетитом и смектином, железной пудрой и смектином по очистке водной поверхности от нефтепродуктов с помощью постоянного магнитного поля.

Результаты представлены в таблице

|                    | Магнитная жидкость | магнетит | Магнетит +смектит | Железная пудра | Железная пудра+смектит |
|--------------------|--------------------|----------|-------------------|----------------|------------------------|
| Качество очистки % | 74                 | 72       | 55                | 69             | 75                     |

(Приложение 3)

Технология очистки поверхности заключается в следующем:

- 1.Разбрызгивание вещества на нефтяное пятно (происходит смешивание).
2. Притягивание нефти в область сбора при помощи электромагнита.
- 3.Сбор нефти при помощи насоса, подача на систему разделения и очистки.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Железная пудра пригодна для использования при очистке воды от нефтепродуктов. Ее стоимость намного меньше, чем стоимость магнетита,

магнитной жидкости, т к является отходом металл производства

2. Для повышения собираемости нефтепродуктов и уменьшению времени сбора необходимо вещества вводить путем разбрызгивания или распыления.
3. Данное вещество не наносит вред окружающей среде, т к не содержит токсических веществ

Используемая литература.

- Сайт «Нанометр» <http://www.nanometer.ru/>
- Рубанов Ю К Удаление разливов нефтепродуктов с поверхности воды комплексными сорбентами на основе оксидов железа. Вестник технологического университета 2015.Т.18№7
- Макаров В М Исследования магнитных жидкостей, предназначенных для очистки воды от нефтепродуктов. «Вестник ИГЭУ» Выпуск 3 2007.
- Магеррамов А М Удаление тонких нефтяных пленок с водной поверхности. «Молодой ученый» Июль 2011 Том1 №7(30).
- 4. Брук Э.Т., Фертман В.Е. «Ёж» в стакане. Магнитные материалы: от твёрдого тела к жидкости. Минск, Высшая школа, 1983.
- . Такетоми С , Тикадзуми С. Магнитные жидкости / пер. с яп.). М.: Мир, 1993.