

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ
Название муниципального образования

КРАЕВОЙ МОЛОДЕЖНЫЙ ФОРУМ
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СИБИРИ»

НОМИНАЦИЯ «НАУЧНЫЙ КОНВЕНТ»

Направление: естественно-научное

«Оценка эффективности очистки озера
от нефти с использованием различных адсорбентов в сорбирующих
подушках»

Стаценко Денис Алексеевич,
МБОУ БСШ ЭМР, 9 «А»,
05.06.2007г.р.
denisstacenko11@gmail.com

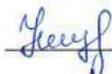
8-983-153-50-19

 /личная подпись/

Рукоусева Ольга Алексеевна,
МБОУ БСШ ЭМР, учитель-дефектолог
strategolga@yandex.ru
8-983-163-48-96

 /личная подпись/

Неизвестных Зинаида Александровна,
(консультант), учитель физики
, МБОУ БСШ
8 (39-178) 31-104

 /личная подпись/

С условиями Конкурса ознакомлен(-а) и согласен(-а). Организатор конкурса оставляет за собой право использовать конкурсные работы в некоммерческих целях, без денежного вознаграждения автора (авторского коллектива) при проведении просветительских кампаний, а также полное или частичное использование в методических, информационных, учебных и иных целях в соответствии с действующим законодательством РФ.

с.Байкит, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в связи с увеличением количества чрезвычайных ситуаций, которое обусловлено ростом добычи нефти, износом оборудования, а также диверсионными актами на объектах нефтяной отрасли, участвовавшими в последнее время, негативное воздействие разливов нефти на окружающую среду становится все более существенным. Поэтому необходимы такие методы ликвидации разлива нефти, которые можно провести в кратчайшие сроки при минимальном ущербе для экологии.

На сегодняшний день накоплен достаточной большой материал по проблеме ликвидации нефтезагрязнений на водной поверхности. Оценка существующих методов позволяет выявить направления, которые наиболее перспективны. Это, прежде всего, механические методы – извлечение при помощи сорбентов. При толщине нефтяной плёнки менее 1-2 мм, а также малой глубине водоёма для сбора разлитой нефти применяют сорбенты, поскольку они позволяют очищать поверхность воды от нефти за короткие сроки с небольшими затратами. Качество сорбентов определяется, главным образом, их нефтеёмкостью по отношению к нефти, степенью гидрофобности, плавучестью, как в исходном состоянии, так и после сорбции нефтепродуктов, возможностью десорбции нефти, регенерации и утилизации сорбента, технологичностью изготовления и применения.

Изучением ликвидации разливов нефти занимались: Любин В. Е., Кусаинов А. Б., Захаров И. А. («Ликвидация чрезвычайных ситуаций при разливе нефти и нефтепродуктов на воде и на суше»), Матыцин Е.Н. (Анализ поведения нефтепродуктов при аварийном разливе на объектах нефтедобычи в северных регионах Российской Федерации со сложными климатическими условиями), профессорами Р.Н. Хлёткиным и А.И. Самойловым разработан новый эффективный поглотитель нефтепродуктов и ряд устройств для локализации и ликвидации нефтяных разливов. Особенности распределения нефти при аварийных разливах в ледовых условиях Арктики явилось предметом изучения Сарнавского Д. В. И Сабодаш О. А.

Проблема. Охрана водных ресурсов от загрязнения нефтью является одной из главных задач человечества. Учёные находятся в постоянном поиске наиболее эффективного способа по очистке вод от нефтепродуктов.

Цель: смоделировать нефтяной разлив на водоёме и ликвидировать его с водной поверхности с помощью различных адсорбентов в сорбирующих подушках сделанными своими руками.

Задачи: 1. рассмотреть особенности нефтяных загрязнений, основы методов и проблемы очистки воды от нефтяных загрязнений;

2. рассмотреть виды сорбирующих материалов;

3. провести теоретический анализ проблемы очистки воды от нефтяных загрязнений;

4. подобрать адсорбирующие вещества для эксперимента;

5. разработать экспериментальные модели сорбирующих подушек

6. исследовать способность адсорбентов извлекать нефть и выявить наиболее эффективный адсорбент в сорбирующей подушке.

Методы исследования: теоретический анализ научной литературы, обобщение, статистические методы обработки информации, практические опыты.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

1.1 Особенности нефтяного загрязнения воды.

Нефтяные загрязнения на водных объектах бывают довольно часто. Происходят они из-за выхода нефти из разломов и трещин морского дна, из-за аварий при транспортировке и добыче нефти, из-за разных аварийных ситуаций связанных с потреблением, хранением и переработкой нефти, нелегальных сбросов судовых нефтяных отходов [1,с.508]. В пресноводных водоёмах основной причиной аварийных разливов нефти являются аварии при транспортировке нефти и аварии на объектах добычи [2,с.69-72]. Второй по значимости загрязнитель водных объектов – сточные воды, содержащие различные углеводороды.

Утечка нефтяных компонентов происходит также за счет миграции и рассеяния при обычной эксплуатации нефтепромысловых объектов [3,с.5-9]. Источником загрязнения, не связанным с нефтедобычей, является водный транспорт и коммунально- бытовая деятельность. Также углеводороды поступают в водоемы и в ходе выпадения атмосферных осадков, с поверхностным стоком в результате дренирования торфов и почв [4,с.196-200;5,с.13-19]. По мнению некоторых авторов, вклад естественных процессов в загрязнение нефтью пресных водоемов может достигать 50% [7,с.49-59;8,с.15-16].

Нефть, попадая в водный объект, достаточно быстро (часы и сутки) перестает существовать как исходный субстрат и распределяется на агрегатные фракции (формы нахождения), одной из которых является пленка (слик). Она тонким слоем локализуется на поверхности, приводя к нарушению газо, энерго, тепло и влагообмена между атмосферой и гидросферой [11,с.44;1,508]. Это не только негативно сказывается на физических, химических и гидробиологических условиях водной среды и жизнедеятельности ее обитателей, но и способно серьезно повлиять на климат и кислородный баланс в атмосфере Земли, а значит, ухудшить экологическую обстановку на планете в целом и жизнь человека, в частности. Помимо нефтяной пленки, углеводороды присутствуют в воде в растворенном или эмульгированном виде, а тяжелые фракции оседают на дно [12,с.46;14,с.42-45]. Попав в воду, нефть подвергается переносу на поверхности и в толще воды (растекание, дрейф, седиментация, затопление), с ней происходит ряд превращений (испарение, растворение, диспергирование, эмульгирование, окисление, биodeградация), в ходе которых она меняет свои физические и химические свойства. Скорость этих процессов определяется количеством и составом нефти, особенностями углеводородов (плотность, вязкость), а также условиями водной среды, временем года и преобладающими погодными условиями [6,с.38-48;14,с.42-45]. Характерной чертой

распределения нефти в воде является неоднородность ее содержания в водных экосистемах, локализация на границе раздела воды с атмосферой, дном (донные осадки) и берегом. От нефтяного загрязнения самоочищение поверхностных вод протекает под действием физических, химических и биологических факторов. Однако за счет первых двух происходят лишь частичные изменения в составе нефти и нефтепродуктов без полной деструкции. Ведущее место в процессе самоочищения водоемов принадлежит биологическим факторам, среди которых решающую роль играют углеводородокисляющие микроорганизмы (УОМ). Благодаря их деятельности нефть трансформируется до простых соединений, происходит накопление нового органического вещества и дальнейшее включение его в круговорот углерода в водоемах. На этом основан метод биологической очистки с применением препаратов, содержащих УОМ.

Характер и длительность последствий разливов нефти зависит от многих факторов: количества и вида разлитой нефти, окружающие условия и физические характеристики в месте разлива нефти, фактор времени, преобладающие погодные условия, биологический состав пострадавшей от загрязнения среды, экологическая значимость входящих в него видов и их восприимчивость к нефтяному загрязнению.

Возможные последствия разлива нефти зависят от скорости растворения и рассеивания загрязняющего вещества в воде в результате естественных процессов. Эти параметры являются определяющими территорию распространения загрязнения и вероятность длительного воздействия повышенных концентраций нефти или ее токсичных компонентов на уязвимые природные ресурсы [15].

1.2 Проблемы очистки воды от нефтяных загрязнений

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 [16].

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 большой экологический ущерб, чем сам аварийный разлив [17,с.19-25].

Рассмотрим наиболее популярные из них.

Термический метод. Этот метод является малоэффективным и незначительным, так как тонкий слой нефти (менее 3 мм) гореть не будет, из-за охлаждающего действия воды. Так же проблемой этого метода является то, что горючие фракции улетучиваются довольно-таки быстро, это тоже мешает горению. Например, чтобы ликвидировать последствия экологической катастрофы, которая произошла из-за аварии "Торри Каньон", танкер бомбили и поджигали, но это не принесло особых результатов, сгорело только 1/5 – 1/6 часть нефти [18,с.48].

Механический метод. В практике ликвидация нефти с поверхности воды осуществляется с помощью нефтесборщиков различных модификаций. Однако очистка таким методом обходится почти в два раза дороже, так как нефтесборщики вместе с нефтью всасывают ещё и 40-80% воды, которую в свою очередь тоже нужно очищать до ПДК как от плавающей, так и от эмульгированной нефти, прежде чем сбрасывать её обратно в водоем. Отсюда себестоимость очистки единицы площади, загрязненной нефтью, возрастает практически вдвое. А при толщине нефтяной пленки 1–3 мм и меньше, использование нефтесборщиков не рационально [19,с.300].

Химический метод. Уменьшение размера нефтяных частиц увеличивает скорость процесса самоочищения водоема от нефтяных загрязнений, но оказывает более негативное воздействие на фауну водоема, чем находящаяся на поверхности воды нефтяная пленка. Это доказано экспериментально. Вредные соединения, находящиеся в нефти и нефтепродуктах, могут накапливаться в морских организмах. Например, канцерогенные полициклические углеводороды, накопленные гидробионтами могут проходить через многих представителей морской пищевой цепи, не претерпевая никаких изменений. Расход детергентов при эмульгировании нефтяной пленки составляет 25% от массы нефти, а их токсичность для морских организмов иногда порядком выше токсичности нефти и их применение зачастую только наносит еще больший вред флоре и фауне водоема. В результате эмульгирования нефть разбивается на мельчайшие капли и чем мельче капельки, тем легче она попадает в организм обитателей водоема. При

использовании ПАВ, нефть рассеивается по поверхности, но нефтяное загрязнение меньше не становится, а привносится ещё и дополнительное очень токсичное загрязнение в виде детергентов [20,с.268].

Микробиологический метод. Сам метод сформированный на основе разложения нефти с помощью нефтеокисляющих бактерий. На основе десятка известных штаммов нефтеокисляющих бактерий изготавливают сухой порошок с массовой долей влаги примерно 10% в сочетании с биогенными солями для подкормки и активизации этих бактерий на первоначальном этапе. Данный процесс применяется при низкой концентрации загрязнения. Этот метод ликвидации нефтеразливов в практике применяется очень редко, поскольку существует масса ограничивающих факторов, например: скорость и полнота деградации нефти нефтеокисляющими бактериями зависит от температуры воды, численности бактерий и их физиологической активности. При температуре +10°C активность нефтеокисляющих бактерий очень слабая. Оптимальная температура для них 20–45 °C [21,с.528].

Этот метод для ликвидации нефтеразливов на практике не позволяют широко применять все вышеперечисленные ограничительные факторы.

Физико-химический метод. Из всех способов борьбы с нефтяными загрязнениями на поверхности воды использование сорбентов, с экологической точки зрения, является наиболее безопасным. Такие вещества должны обладать высокой флотационной и нефтеудерживающей способностью, а так же должны иметь высокую поглощательную способность (не менее 8-10кг/кг сорбента) [22,с.38].

1.3 Что такое сорбенты и как они работают.

Сорбенты – это твёрдые тела или жидкости, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды газы, пары или растворённые вещества. Они включают широкое разнообразие органических, неорганических и синтетических продуктов, предназначенных для удаления нефти.

Состав и характеристики сорбентов зависят от используемого материала и предполагаемого использования при ликвидации разливов. Сорбенты могут действовать по принципу адсорбции (поверхностного поглощения) или по принципу абсорбции (впитывания).

Абсорбенты. Жидкости проникают в поглощающий материал, вызывая разбухание абсорбента и соединяются с материалом таким образом, что они не вытекают и не могут быть выжаты под давлением. Абсорбенты, используемые при устранении загрязнения, изготавливаются из искусственных полимеров с большой площадью поверхности, способствующей быстрой абсорбции.

Адсорбенты. При адсорбции нефть избирательно притягивается к поверхности вещества. Большинство продуктов, предлагаемых для устранения разливов нефти являются адсорбентами.

1.4 Сорбирующие материалы и их формы.

Материалы используемые в качестве сорбентов разнообразны. Они могут быть органическими (торф, выжимки сахарного тростника, солома, куриное перо и пр.) и неорганическими (вермикулит, пемза, полипропилен, синтетические материалы).

В зависимости от состава сорбенты делятся на 4 вида: рассыпной несвязанный сорбент; сорбент заключённый в сетчатый материал; сплошной сорбент в форме матов, листов, бонов или рулонов и сорбент в виде разрыхлённых волокон.

Рассыпные сорбенты. Ввиду трудности и контроля их нанесения и сбора, применение таких материалов в водной среде должно быть ограничено специальными сценариями на береговых линиях.

Заключённые в оболочку сорбенты. Часто заключаются в оболочку из ткани или сетки, принимая форму бона, или носка, которую легче разворачивать, проще контролировать и потом легче собирать. Обычно такую форму сорбентов получают из легкодоступных природных материалов, таких как солома, но могут включать отдельные синтетически элементы (например, полипропилен).

Сплошные сорбенты. Заключаются в форму бона, листов, рулонов, матов, мембран и характеризуются высоким соотношением площади поверхности к объёму. Делают из синтетических тканых материалов. Реже применяют сорбенты такие как полиуретан, нейлон, полиэтилен.

Разрыхлённые волокнистые сорбенты. Применяются связки или мотки разрыхлённых волокон сорбента. Изготавливаются в основном из полипропиленовых скрепленных между собой лент, образуя сорбирующие ловушки («пом-помы»).

1.5 Классификация сорбентов

Для удаления нефтепродуктов из воды всё чаще применяется ряд материалов, способных поглощать и удерживать на своей поверхности нефть. Их можно классифицировать:

- 1) по материалу подложки;
- 2) по типу адсорбента – на органические и неорганические;
- 3) на тонущие с поглощённой нефтью и плавающие на поверхности воды (по гидродинамическим свойствам);
- 4) на естественные и модифицированные (по состоянию поверхности).

Выбирая сорбент, необходимо учитывать его свойства и характеристики. У каждого сорбента есть свои плюсы и минусы.

Проанализировав литературные данные я пришёл к выводу, что нефтесорбенты должны быть нефтеемкими, плавучими, пористыми, обладать низким водопоглощением, быть простыми в утилизации и экологически безопасными.

К неорганическим сорбентам для поглощения нефти и ее компонентов относятся различные виды глин, диатомитовые породы (главным образом рыхлый диатомит-кизельгур), песок, пемза, перлит и пр. При ликвидации последствий разливов нефти в водной среде вместе с нефтью тонут и неорганические сорбенты, не решая проблемы очистки воды от загрязнения. Утилизировать эти сорбенты можно путём выжигания и промывки водой с поверхностно-активными веществами.

Благодаря низкой стоимости синтетические сорбенты наиболее популярны. Также они обладают малой массой, отличаются объёмностью, плавучестью после поглощения нефти, высокой скоростью сорбции. Такой сорбент может быть повторно использован после очистки. Для их изготовления используют формованный полиэтилен с полимерными наполнителями, полиуретан и другие разновидности пластиков. Утилизация отработанного материала происходит путём сжигания.

Органические сорбенты являются наиболее перспективным видом сорбентов благодаря своей экологичности. Часто для их изготовления применяют торф, макулатуру, опилки, шерсть, высушенные злаковые культуры. Главным их недостатком является малая сорбирующая способность и низкая способность адсорбции. Достоинством этого вида сорбентов является то, что они могут использоваться как на водных, так и на твёрдых поверхностях, а также они биоразлагаемы и безопасны с экологической точки зрения.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Организация и методы исследования

Объекты исследования: нефть, адсорбенты.

Предмет исследования: загрязнение водоёмов нефтью.

Цель: Ликвидировать нефтяной разлив на водной поверхности с помощью различных адсорбентов в сорбирующих подушках сделанными своими руками.

Задачи: 1. рассмотреть особенности нефтяных загрязнений, основы методов и проблемы очистки воды от нефтяных загрязнений;

2. рассмотреть виды сорбирующих материалов;

3. провести теоретический анализ проблемы очистки воды от нефтяных загрязнений;

4. подобрать адсорбирующие вещества для эксперимента;
5. разработать экспериментальные модели сорбирующих подушек
6. исследовать способность адсорбентов извлекать нефть и выявить наиболее эффективный адсорбент в сорбирующей подушке.

Для проведения эксперимента я взял у учителя физики бутылку с нефтью (после сепарации, плотностью $0,800\text{г/см}^3$) из Куюмбинской скважины №2, а также 5 мензурок. Приготовил доступные мне органические адсорбенты. На лесопилке взял два вида опилок (опилки хвойных пород деревьев и берёзовые). В лесу насобираю мха. Нашёл немного стекловаты, измельчил лоток из-под яиц. Для опыта мне понадобился шприц (5мл) чтобы можно было отмерять нефть по количеству миллилитров. Далее я изготовил макет водоёма, для того, чтобы имитировать аварию с разливом нефти на воде. Для ликвидации последствий решил использовать заключённые в оболочку органические адсорбенты. Я взял одноразовую медицинскую простыню изготовленную из спанбонда, разрезал её на полоски $2\text{X}4\text{см}$, сложил в виде квадратов, прошил швейными нитками по трём сторонам вложив внутрь каждой разные виды адсорбентов. В результате у меня получились сорбирующие подушки.

В каждую мензурку я наливал одинаковое количество воды (по 50мл). Для того, чтобы определить эффективность сорбирующей подушки в пробирки было налито разное количество нефти, замерена толщина нефтяной плёнки до применения сорбирующих подушек и после. Проведены 5 опытов с различными адсорбентами в сорбирующих подушках.

2.2 Результаты исследования и их обсуждение

Полные результаты опытов представлены в виде таблицы в Приложении 1.

Для каждого опыта в мензурки набиралось по 50 мл воды. В 1 мензурку добавлял 0,5мл нефти, во вторую 0,75мл, в третью 1мл, в четвертую 1,25мл, в пятую 1,5мл. Далее измерял толщину нефтяной плёнки после разлива нефти на поверхности воды и после применения сорбирующих подушек с помощью линейки.

Опыт 1. В качестве адсорбента в сорбирующей подушке использовались мелкие хвойные опилки фракцией 0,5-1мм.

Опыт 2. В качестве адсорбента в сорбирующей подушке использовались берёзовые опилки фракцией 2-3мм.

Опыт 3. В качестве адсорбента в сорбирующей подушке использовалась стекловата.

Опыт 4. В качестве адсорбента в сорбирующей подушке использовался мох.

Опыт 5. В качестве адсорбента в сорбирующей подушке использовался мелко измельчённый на кусочки фракцией 3-4мм лоток из-под куриных яиц.

В результате анализа полученных данных (Приложение 1), видно что наилучший результат при толщине нефтяной плёнки от 0,5мм до 1,5мм показали сорбирующие подушки с мелкими хвойными опилками. Второе место в качестве эффективного адсорбента занял мох. Он показывает достаточно высокие результаты при толщине нефтяной плёнки от 0,5мм до 1мм. Сорбирующие подушки в которых использовались в качестве адсорбента кусочки лотка из-под куриных яиц показали наибольшую эффективность при толщине нефтяной плёнки в 0,5мм – видны еле заметные проявления нефтяной плёнки по краям мензурки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для производства нефтяных сорбентов применяют разнообразное сырьё. Измельчение сорбирующего материала является наиболее простым способом увеличения площади его поверхности и поглотительной способности по отношению к нефти.

Сорбирующие подушки с различными органическими адсорбентами – это удобное, недорогое и экологичное в использовании средство ликвидации аварийного разлива нефти. Использование подушек оптимально подходит для устранения аварийного разлива, локализованного в ограниченном пространстве.

При ликвидации нефтяного разлива на водной поверхности необходимо учитывать множество факторов, в том числе и толщину нефтяной плёнки чтобы выбрать наиболее подходящий сорбент для удаления нефти из воды.

Проанализировав литературу по особенностям очистки воды от нефтепродуктов с использованием различных сорбентов, я пришёл к выводу, что анализ структурных характеристик и свойств поверхности материалов позволяет оценить эффективность их использования в процессе очистки водной поверхности от нефти. Сопоставив характеристики доступных мне видов адсорбентов я провёл опыты и определил наиболее перспективные материалы. Также проанализировав литературу и различные интернет-источники я сделал вывод о том, что практически единственным природным органическим сырьём для промышленного производства нефтяных сорбентов является торф, а отходы агро- и деревообрабатывающей отраслей, несмотря на большой объём научных разработок, не нашли масштабного практического применения. Считаю, что моя гипотеза подтвердилась и использованию адсорбентов растительного происхождения действительно уделено недостаточное внимание. Это показали проведённые мною опыты. Поэтому необходимо продолжать исследования в этом направлении и разрабатывать новые технологические решения по получению нефтяных сорбентов из растительного

сырья, которые показали хорошие результаты при ликвидации нефтяного разлива на водной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

Книга одного автора:

1. Патин С.А. Нефтяные разливы и их воздействия на морскую среду и биоресурсы. М.: Изд-во ВНИРО, 2008 с.508.
14. Воробьев Д.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на макрозообентос // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 3. С. 42–45.
12. Воробьев Д.С. Биологические основы очистки донных отложений водных объектов от нефти и нефтепродуктов: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук: 03.02.08 / Воробьев Данил Сергеевич. Томск, 2013. 46 с.
16. Биопрепараты для ликвидации загрязнений нефтью, нефтепродуктами, другими органическими соединениями // Экологический вестник России. – 2001, № 4.
18. Жмур, Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. – ФР.1.39.2001.00283. М.: АКВАРОС, 2001. – 48 с.
20. Каменщиков, Ф.А., Богомольный, Е.И. Нефтяные сорбенты. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 268 с.
21. Каменщиков, Ф.А., Богомольный, Е.И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. 528 с.

Книга двух авторов:

2. Карпович Л.Л., Масленникова В.В. Аварийное загрязнение поверхностных вод Российской Федерации // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2013. Т. 19(1). С. 69–72.
3. Назаров В.Д., Назаров М.В. Влияние нефтедобычи на водные объекты // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2013. № 2. С. 5–9.
6. Паничева Л.П., Моисеенко Т.И., Кремлева Т.И., Волкова С.С. Биохимическая трансформация нефтяных углеводородов в водах Западной Сибири//Вестник Тюменского государственного университета. 2012. №12.с.38-48
7. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А. Нефтяные компоненты в устьевой области р. Дон и в Азовском море (результаты многолетних исследований) // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 1. С. 49–59.
8. Московченко Д.В., Убайдуллаев А.А. Влияние разливов нефти на загрязнение поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Вестник Тюменского государственного университета. Науки о земле. 2014. № 4. С. 5–16.

11. Караев С., Шихалиев К. Экологические проблемы транспортировки нефти и нефтепродуктов и новые методы очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов. Hannover: EAEN, 2014. 44 стр.

17. Артемов, А.В., Пинкин, А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений. Вода: химия и экология. 2008. № 1. С. 19 – 25.

Книга трёх авторов:

5. Моисеенко Т., Шалабодов А., Гашев С. Качество сибирских вод // Наука в России. 2012. № 4. С. 13–19.

Книга четырёх авторов и более:

4. Кульков М.Г., Артамонов В.Ю., Коржов Ю.В., Углев В.В. Индивидуальные органические соединения нефти как индикаторы техногенного нефтяного загрязнения водной среды // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 1. С. 196–200.

13. Thibodeaux L.J., Valsaraj K.T., John V.T., Papadopoulos K.D., Pratt L.R., Pesika N.S. Marine

oil fate: knowledge gaps, basic research, and development needs; a perspective based on the Deepwater Horizon spill // Environ. Engin. Sci. 2011. V. 28. No 2. P. 87–93.

22. Кнатько, В.М., Кнатько, М.В., Юлин, В.А. Сорбент для очистки объектов окружающей среды. Экологические системы и приборы. 2004. № 12. С. 38.

Источники, представленные в Internet:

15. DOI:10.18454/IRJ.2016.45.085 Махотлова М.Ш., Темботов З.М., Международный научно-исследовательский журнал №3 (45), часть2, март, (<https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-neftyanyh-zagryazneniy-na-okruzhayuschuyu-sredu/viewer>)



Байкитская школа

Наполнитель (исходное сырьё)	h, нефтяной плёнки до применения сорбирующей подушки (в мм)					h, нефтяной плёнки после применения сорбирующей подушки (в мм)				
	Кол-во (в мл) вылитой на поверхность воды нефти					Кол-во (в мл) вылитой на поверхность воды нефти				
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	0,5	0,75	1	1,25	1,5
хвойные опилки	1	2	3	3	4	< 1	< 1	< 1	< 1	1
берёзовые опилки	1	2	3	3	4	< 1	< 1	< 1	2	3
стекловата	1	2	3	3	4	< 1	< 1	1	1,5	2
мох	1	2	3	3	4	< 1	< 1	< 1	1,5	2
кусочки лотка из-под куриных яиц	1	2	3	3	4	0*	< 1	1	1,5	2

* - еле заметное визуальное присутствие нефтяной плёнки по краям мензурки