

## Влияние внешних факторов на разлив нефти в море

Г.Р. Нысанбаева<sup>1\*</sup>, А.О. Тастанбекова<sup>1</sup>, К.К. Кудайбергенов<sup>1</sup>, Г.О. Турешова<sup>1</sup>, Е.К. Онгарбаев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби 71, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт проблем горения, ул. Богенбай батыра 172, Алматы, Казахстан

Дата поступления:  
27 октября 2018

Принято на печать:  
11 ноября 2018

Доступно онлайн:  
25 декабря 2018

УДК 544.46:665.75:662.7

### АННОТАЦИЯ

Проведены расширенные пилотные испытания реагентного состава. Получена дополнительная информация о внешних факторах влияния на процесс (погодные условия, условия волн, миграция и распространение нефтяного пятна и т.д.). Так же рассмотрены возможности распыления/нанесения реагентного состава на поверхность разлива нефти с учетом выше перечисленных факторов.

*Ключевые слова:* терморасширенный графит, разливы, внешние факторы, нефтяная пленка, реагентный состав.

### 1. Введение

Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, которые происходят на объектах добычи и переработки, а также при их транспортировке, сильно вредят экологическому состоянию окружающей среды, приводят к существенным убыткам и обладают негативными последствиями социального характера, поэтому их классифицируют как чрезвычайные ситуации. Объясняются такие катастрофы следующими причинами:

- увеличение объемов добычи нефти;
- износ основных средство производства, транспортировки и добычи (например, трубопроводов и танкеров);
- увеличение количества диверсионных актов со стороны экстремистских организаций. Такая ситуация привела к тому, что отрицательное влияние разливов нефти и нефтепродуктов на экологию становится все более ощутимым и заметным. При этом быстро оценить масштаб экологического вреда достаточно сложно, так как такие загрязнения разрушают многие естественные взаимосвязи и циклы, а также значительно меняют условия среды обитания попадающих под их воздействие живых организмов, накапливаясь в биомассе.

Современные государства проводят политику, цель которой – предупреждение и максимально быстрая ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, в связи с чем способам локализации и устранения последствий таких чрезвычайных ситуаций уделяется повышенное внимание.

Так, в работе [1] рассмотрена разработка инновационного технологического подхода, позволяющего значительно усовершенствовать существую

щую технологию контролируемого выжигания нефти.

Результаты проведенного исследования показали, что реагентный состав «графит –  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ » с добавлением магния адсорбирует до 58 г/г тяжелой нефти и 0.1 г/г воды.

Продолжением данных испытаний было изучение влияние отдельных внешних факторов на разлитую нефть. К ним относятся погодные условия:

- скорость ветра;
- высота волны (условия волн);
- температура нефти;
- соленость воды

Миграция и распространение нефтяного пятна в условиях водоема происходит в основном под воздействием течения, ветра и колебаний уровня воды и имеет свои особенности.

При попадании в водную среду нефть разливается по поверхности воды тонким, зачастую мономолекулярным слоем и образует нефтяное пятно, захватывающее в зависимости от масштабов выброса пространство в десятки, сотни и тысячи квадратных километров.

Перемещаясь по поверхности океана под воздействием ветра, течений, приливов и отливов, нефть растворяется, осаждается, подвергается фотолизу и биологическому разложению. Ее состав постоянно меняется вследствие разложения и трансформации отдельных компонентов.

В результате наблюдений установлено, что в течение нескольких дней до 30% нефтяного пятна исчезает вследствие испарения и растворения низкомолекулярных фракций, причем ароматические углеводороды растворяются быстрее, чем парафины с открытыми цепями [2-4].

\*Ответственные авторы  
E-mail:kenes19851911@gmail.com (К.К. Кудайбергенов)

Ранее проведенные эксперименты [1] показали, что температура нефти значительно влияет на образование термографенита при горении нефти, вместе с тем скорость ветра также вносит значительное влияние на процесс миграции и распространение нефтяного пятна.

Очевидно, что при более ветреной погоде распространяется больше нефти, чем при безветренной погоде.

## 2. Объекты и методы исследований

Для создания одинаковых условий и поддержания одинаковой температуры нефти была собрана установка [1], состоящая из весов и ванны (для воды и нефти), помещенные в холодильную камеру, позволяющую поддерживать заданную температуру.

Имитацию ветра создавали вентилятором, работа которого обеспечивала скорость воздуха над поверхностью нефтяной пленки. Для каждого эксперимента был взят объем нефти 310 мл, таким образом, толщина нефтяной пленки на поверхности воды составляла 2.5 мм. Плотность нефти близка к  $0.8 \text{ г/см}^3$ , что по массе составляло в среднем 250 г.

## 3. Результаты и обсуждение

На рис 1 и 2 представлены результаты расчета изменения толщины и площади пленки разлитой нефти при скоростях ветра 1 и 5 м/с с учетом времени после начала разлива. Количество разлитой нефти равно 2 л. Как видно, с увеличением скорости ветра уменьшается толщина пленки нефти, тогда как площадь пленки нефти увеличивается.

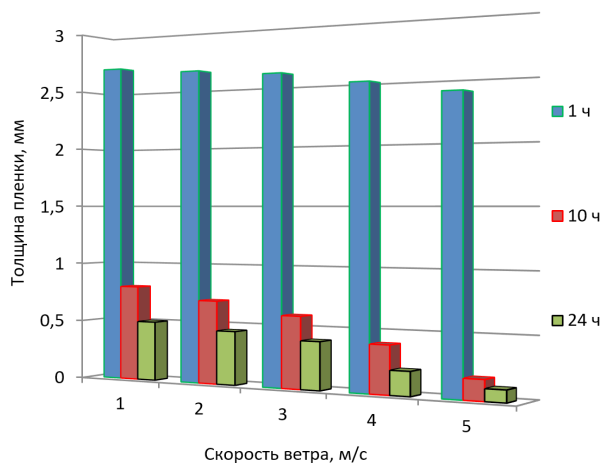


Рис. 1. Влияние скорости ветра на толщину пленки нефти.

Анализ полученных данных показал, что при разливе 2 л нефти форма пятна достаточно быстро под воздействием ветра преобразуется в эллипс. По мере увеличения скорости ветра его формирование происходит быстрее. Одновременно интенсивно образуется эмульсия. При толщине 2.5 мм нефтяной пленки при скорости ветра 4 м/с через 24 часа разлитая нефть полностью эмульгирует. Сравнение полученных результатов при 1 и 5 м/с, позволяет вывести итог, что скорость ветра оказывает существенное влияние на изменение формы пятна, площадь и толщину пленки, а так же на скорость образования эмульсии. Скорость растекания разлитой нефти, по данным расчета, значительно зависит от скорости ветра.

Следует отметить некоторые особенности воздействия ветра на границу воды с нефтью. Плотность нефти больше плотности воздуха приблизительно в 8 раз, помимо этого, наличие адгезии между нефтью и водой увеличивает трение между этими слоями. Поэтому относительная скорость нефтяного пятна по отношению к водной поверхности при воздействии на него ветровой нагрузки небольшая.

Этим же можно объяснить образование эллипсообразной формы пятна по мере увеличения времени после разлива. Образование эмульсии при воздействии энергии ветра связано с локальными разрывами нефтяной пленки с последующим перемешиванием нефти с водой. Поэтому чем тоньше пленка нефти, тем интенсивнее идет процесс эмульгирования.

Известно, что при попадании нефти в воду ее способность растекаться по поверхности проявляется только в начальный период ее нахождения на воде и на распространение по водоему существенно не влияет.

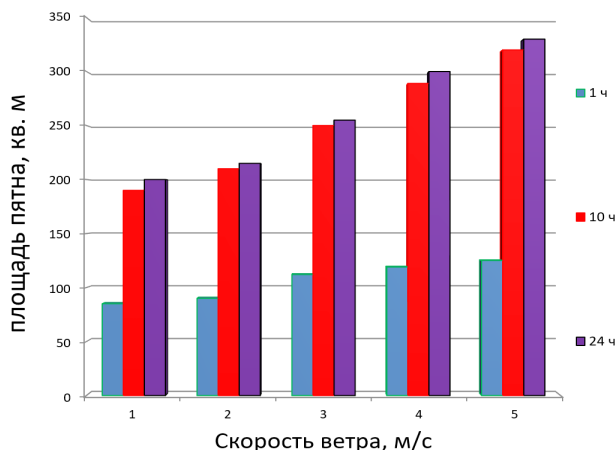


Рис. 2. Влияние скорости ветра на площадь пленки нефти.

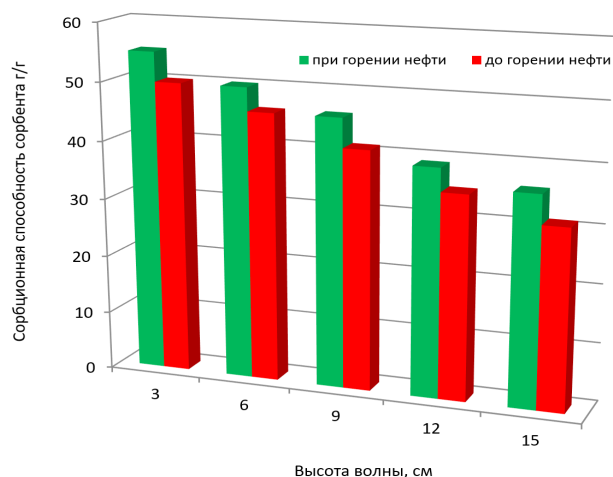


Рис. 3. Влияние скорости ветра на площадь пленки нефти.

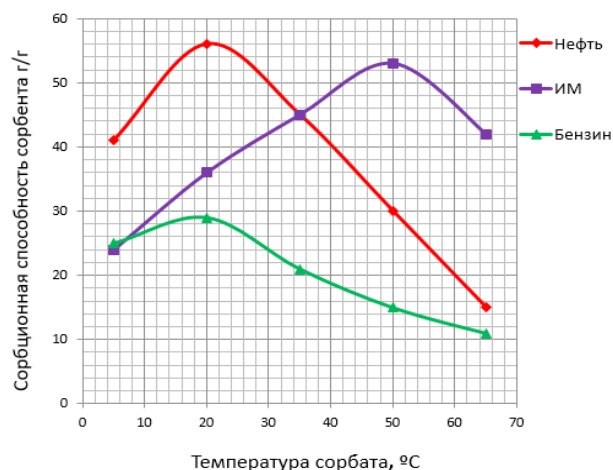


Рис. 4. Влияние температуры нефтепродуктов на сорбционную способность термографенита.

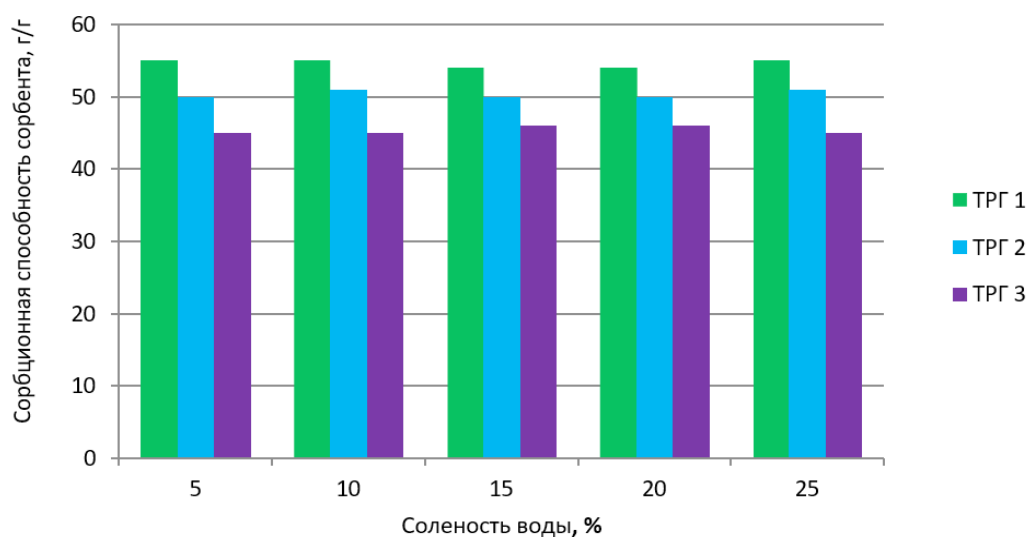


Рис. 5. Влияние солености воды на сорбционную способность термографенита (TRG): TRG 1 из 20% Графит + 70%  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  + 10% магний; TRG 2 из 20% Графит + 80%  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ ; TRG 3 из 30% Графит + 70%  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Скорость растекания нефтепродуктов легкой фракции: бензин, керосин ниже, чем у тяжелой фракции: мазут, масло, так как поверхностное натяжение на границе с водой у первых выше. По той же причине, при одинаковых количествах, продукты легкой фракции растекаются на меньшей площади.

В связи с тем, что при ликвидации нефти на воде очень часто возникают проблемы, в виде возникновения волны на поверхности моря, таким образом возникла необходимость в исследовании применения полученного реагентного состава (20% Графит + 70%  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  + 10% магний) в условиях волны.

В Институте проблем горения было разработано устройство, создающее волновые колебания в специальной емкости с нефтью и водой [1].

На Рис 3 показано влияние волны воды на сорбционную способность сорбента, полученного из реагентного состава 20% Графит + 70%  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  + 10% магний.

Высота волны в экспериментах варьировалась от 3 см до 15 см. Результаты показали, что высота волны в указанных пределах существенно влияет на сорбционную способность термографенита, полученного при и до горения нефти. Количество сорбированной нефти термографенитом уменьшается с 55 до 36 г/г при высоте волны воды 15 см.

На Рис 4 показано влияние температуры на сорбционную способность термографенита, полученного из того же реагентного состава (20% графит +  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  + 10% магний). Видно, что с ростом температуры сорбционная емкость термографенита увеличивается.

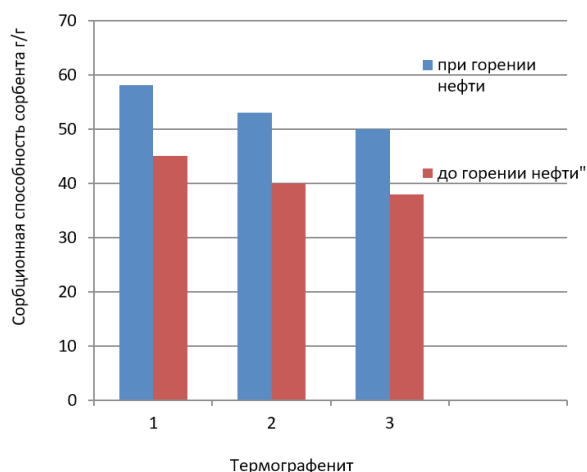


Рис. 6. Влияние распыления реагентного состава на сорбционную способность термографенита (ТРГ).

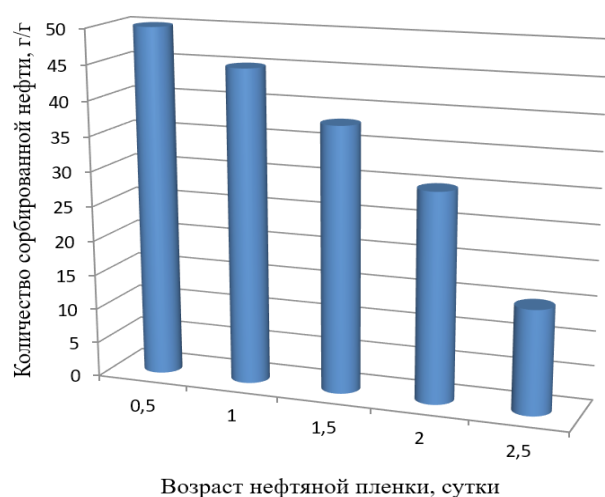


Рис. 8. Зависимость сорбционной способности термографенита от возраста нефтяной пленки.

Это увеличение может быть связано с уменьшением вязкости нефти при высоких температурах, что является благоприятным условием для проникновения в поры термографенита.

Между тем, при более низких температурах высоковязкая нефть может закрыть поры и препятствовать проникновению ее внутрь термографенита. С повышением температуры выше 40 °С сорбционная способность термографенита начинает уменьшаться, поскольку образуются легкие фракции, которые приводят к освобождению нефти из термографенита.

На Рис 5 показано, влияние солёности воды на сорбционную способность термографенита.

Определённую солёность воды обеспечивали добавлением рассчитанного количества соли NaCl в воду. Результаты расчета показали, что солёность воды в указанных пределах несущественно

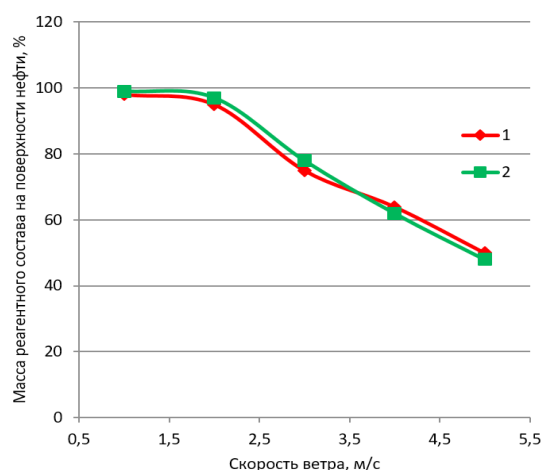


Рис. 7. Влияние скорости ветра на массы реагентного состава нанесенного на поверхности нефти.

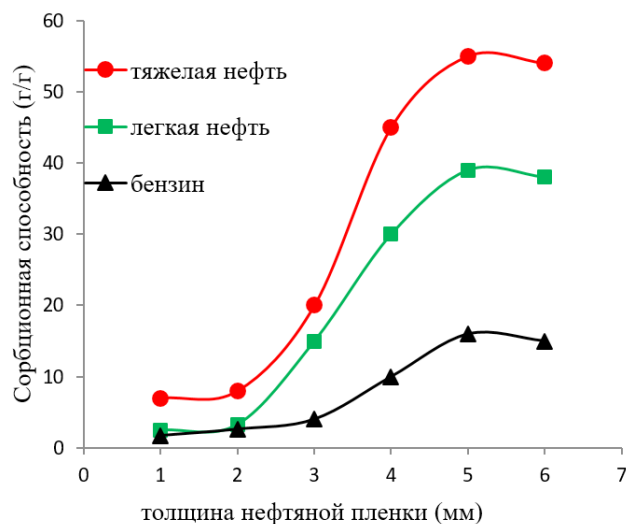


Рис. 9. Влияние толщины пленки нефти на сорбционную способность термографенита.

влияет на сорбционную способность термографенита, полученного при горении нефти из разных реагентных составов.

Нанесение реагентного состава на поверхность нефти можно осуществлять двумя способами: первый – при горении нефти, второй – до горения нефти. Как видно из рисунка 6, распылять реагентный состав лучше во время горения нефти, так как его распыление до горения приводит к потерям реагентного состава.

На Рис 7 показано влияние скорости ветра на массу реагентного состава, нанесенного на поверхность нефти. Как видно, с увеличением скорости ветра до 5 м/с масса реагентного состава уменьшается до 50%.

Исследование зависимости сорбционной способности от возраста нефтяной пленки позволяет сделать вывод, что чем «старше» по возрасту не-

фтяная пленка, тем хуже она удаляется с поверхности воды. Результаты исследований представлены на Рис 8.

На Рис 9 показано, что увеличение сорбционной емкости происходит за счет увеличения толщины нефтяной пленки.

В этом случае контакт нефтяной пленки с поверхностью сорбента является максимальным и препятствует контакту сорбента с водой, т.е. количество сорбции нефти увеличивается. На рисунке также видно, что тяжелая нефть имеет самую высокую сорбционную емкость. Она достигает максимального значения – 55 г/г на нефтяной пленке толщиной 5 мм. Легкая нефть занимает второе место по сорбционной емкости – 39 г/г на пленке толщиной 5 мм и, наконец, самая низкая сорбционная емкость – 16 г/г наблюдалась на бензиновой пленке толщиной 5 мм.

## Заключение

Таким образом, в вышеприведенном исследовании получена дополнительная информация о внешних факторах влияния на разлив нефти (погодные условия, условия волн, миграция и распространение нефтяного пятна и т.д.) и можно сделать следующие выводы:

1. Скорость растекания разлитой нефти, по данным расчета, значительно зависит от скорости ветра. Количество сорбированного нефти термографенитом полученного при горении нефти уменьшается с 55 до 36 г/г при высоте волны воды 15 см.

Анализ полученных данных показал, что за первый час разлива площади пятен достигли значений 85 м<sup>2</sup> при скорости ветра 1 м/с и 125 м<sup>2</sup> при скорости 5 м/с. Через 24 ч эти площади соответственно увеличились до значений 200 и 330 м<sup>2</sup> соответственно. С увеличением скорости ветра до 5 м/с масса реагентного состава, нанесенного на поверхность нефти уменьшается до 50%.

2. Результаты расчета показали, что соленость воды несущественно влияет на сорбционную способность термографенита полученного при горении нефти из разных реагентных составов.

3. Исследование зависимости сорбционной способности от возраста нефтяной пленки позволяет сделать вывод, что чем «старше» по возрасту нефтяная пленка, тем хуже она удаляется с поверхности воды.

4. Результаты показывают, что сорбционная емкость ТРГ повышается за счет увеличения толщины нефтяной пленки.

5. Распыление реагентного состава во время горения нефти показывает лучшую сорбционную способность термографенита, чем распыление реагентного состава до горения нефти.

## Литература

- [1]. Нысанбаева Г.Р., Турсынбек С., Кудайбергенов К.К., Онгарбаев Е.К., Турешова Г.О., Мансуров З.А., Любчик С. Создание нового эффективного реагента для нейтрализации последствий аварий, связанных с разливами нефти на поверхности воды // Промышленность Казахстана. 94 (1), 61-63 (2016).
- [2]. Перездриенко И.В. Влияние температуры карбонизации и активации на структурообразование лигниновых активных углей // Журнал прикладной химии. 74 (10), 1601-1604 (2001).
- [3]. Гончарук В.В. Коагуляция, флокуляция, флотация и фильтрование в технологии водоподготовки // Химия и технология воды. 20 (1), 19-31 (1998).
- [4]. Роев Г.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. М.: Недра, 224 (1987).

## Тенізде төгілген мұнайға сыртқы факторлардың әсері

Г.Р. Нысанбаева<sup>1</sup>, А.О. Тастанбекова<sup>1</sup>, К.К. Құдайбергенов<sup>1</sup>, Г.О. Төрешова<sup>1</sup>, Е.К. Оңғарбаев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Жану проблемалары институты, Алматы, Қазақстан

## Аннотация

Реагентті құрамның ауқымды пилоттық сынақтары өткізілді. Сорбция үрдісіне әсер ететін сыртқы факторлар (ауа райының жағдайы, толқындық жағдайлар, мұнайдың су бетінде көшуі және таралуы т.б.) бойынша қосымша ақпарат алынды. Сондай-ақ жоғарыда аталған факторларды ескере отырып, мұнай төгілген бетке реагентті құрамды себу мүмкіндігі қарастырылған.

*Түйін сөздер:* термикалық кеңейтілген графит, мұнай төгінділері, сыртқы факторлар, мұнай қабаты, реагентті құрам

**Influence of external factors on oil spill in the sea**

G.R. Nyssanbayeva<sup>1</sup>, A.O. Tastanbekova<sup>1</sup>, K.K. Kudaibergenov<sup>1</sup>, G.O. Tureshova<sup>1</sup>, Ye.K. Ongarbaev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan

**Abstract**

Extensive pilot tests of the reagent composition conducted. Additional information were obtained on external factors influencing the process (weather conditions, wave conditions, migration and distribution

of an oil spill, etc.). The possibilities of spraying a reagent composition on the surface of an oil spill are also considered, taking into account the above factors. *Keywords:* thermally expanded graphite, spills, external factors, oil film, reagent composition