

# **Применение диспергентов при ликвидации разливов нефти в Арктике и методы оценки их эффективности**

**Выполнил ученик:** 9 «А» класса

Воловик Борис Александрович

**Научные руководители:**

Попова Ольга Алексеевна,

учитель биологии, экологии, химии, заслуженный учитель РФ;

Якуб Виктор Иванович

учитель химии

# ВВЕДЕНИЕ

Увеличение доли добычи нефти в Арктике привело к росту аварий, наносящих колоссальный урон арктической экосистеме. Существуют: механический, термический, биологический и химический методы ликвидации разливов. Многие из них не применимы в холодных морях Арктики. Самый эффективный – **химическое диспергирование** – стал основным в 35-ти нефтедобывающих странах, но, пока не достаточно развит в России. Принципиально важно, в год председательства России в Арктическом Совете, начать эту работу.

**Проблема:** Диспергент, показавший высокую эффективность в лаборатории, может не показать аналогично-высокую химическую эффективность в сложных арктических условиях.

**Цель:** Разобрать механизм диспергирования, обобщить мировую классификацию диспергентов, проанализировать методы выбора и использования диспергентов в конкретных обстоятельствах разлива нефти.

**Задачи:** 1. Провести анализ механизма диспергирования. 2. Систематизировать диспергенты и условия, влияющие на их выбор. 3. Оценить наличие российских диспергентов. 4. Самостоятельно провести лабораторное и полевое исследование в Арктике. 5. Применить диспергент в условиях реального разлива нефти. 6. Дать рекомендации по работе диспергентов в Арктике.

**Предмет:** диспергенты Dasick Slickgone NS и Finasol OSR 51.

**Гипотеза:** Для выбора диспергента, эффективного в условиях Арктики, необходимо использовать комплексный подход, включающий в себя лабораторные и полевые методы. При выборе диспергента применима комплексная оценка.



**Рис.1.** Отбор проб воды для анализа

# Механизм диспергирования, состав диспергента

Во время аварии нефть из танкера, нефтепровода или скважины попадает в море. Ее мелкие капли сами рассеиваются в воде благодаря ветру и течению (это **естественная дисперсия**), а более крупные срastaются в нефтяное пятно. Важно его разрушить прежде, чем оно навредит растениям, животным, человеку, накапливаясь в биомассе и увеличивая риск погодных аномалий. [3].

Разрушают пятно **химические диспергенты - препараты**, ослабляющие сцепление нефть-вода, состоящие из комплекса поверхностно-активных веществ (ПАВ) и растворителей. Гидрофильная часть ПАВов притягивается к воде, олеофильная часть к нефти, растворители – их транспорт.



Рис. 2. Механизм диспергирования

# Классификация и факторы выбора диспергентов

## Классификация диспергентов

● I поколение	● II поколение	● III поколение	
Разработан в 60-е годы XX века. Высокотоксичен. Больше не используется	Группа первого типа	Группа второго типа	Группа третьего типа
	Состав: растворитель и ПАВы. Применяют в соотношении диспергент: нефть=1:1. Токсичны	Состав: растворитель, три ПАВ (доля 65%) с гликолем Разбавляются водой. Наносятся судами. Требуют высокой дозировки	Используют в чистом виде с самолетов. Дозировка 1:50. Не токсичны. Выбираются на месте в ходе анализа.

Рис. 3. Классификация диспергентов

Не все диспергенты эффективны в Арктике из-за низких температур, высокой солености, ветра и ледостава. Необходим индивидуальный подбор для каждого разлива. На месте учитывают: свойства морской воды, нефти, факторы окружающей среды.

## Факторы выбора диспергентов:



Рис. 4. Факторы, влияющие на выбор диспергента



# Разработка арктических диспергентов в России

В мире диспергенты используют более 20-ти лет, в России их начали патентовать в 2019 году, ранее использовались импортные препараты. Российские диспергенты полностью состоят из отечественных компонентов, дешевле импортных в 2 раза и готовы к работе в арктических морях.

Состав: синтетические ПАВ, растворитель.  
Работает при  $-40^{\circ}\text{C} + 30^{\circ}\text{C}$ . Эффективность 80%  
**В Арктике пока не испытывался**



ШЕЛЬФ 2019 г.



ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР  
**МФТИ**

Состав: синтетические ПАВ, растворитель.  
Работает при  $-30^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C}$ . Эффективность 80%  
**В Арктике пока не испытывался**



2020 г.



КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Состав: несинтетические ПАВ, растворитель.  
Работает при  $-30^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C}$ . Эффективность 75%  
**Испытания только в портах компании**



**ТРАНСНЕФТЬ** 2021 г. ООО «НИИ Транснефть»

Рис. 5. Первые российские диспергенты

## Методы оценки эффективности диспергентов

Суть всех методов анализа эффективности сводится к оценке количества нефти, перешедшей с поверхности нефтяного пятна в толщу воды после воздействия на него диспергента и внешних условий окружающей среды.

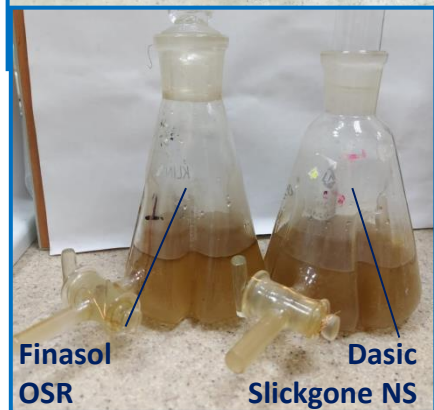
	● Лабораторный метод		● Полевой метод
	SFT (Swirling Flask Test)	BFT (Baffled Flask Test)	FET (Field Effective Test)
Вращение	Орбитальный шейкер		Вручную
Перемешивание	150 об/мин 10 мин	200 об/мин 10 мин	30 об \ мин 1 минуту
Посуда	Коническая колба с отводной трубкой	Колба с перегородками	Стекланный цилиндр 100 мл с пробкой
Диспергент : Нефть	1:25		1:25 \ 1:10
Внесение диспергента	Диспергент предварительно смешивают с нефтью		В нефтяное пятно

Рис. 6. Основные методы оценки эффективности диспергентов, используемые в России

# Лабораторный метод анализа эффективности. BFT – тест (г. Казань)

Проведение лабораторного анализа эффективности диспергентов методом Baffled Flask Test в г. Казань, в Национальном Технологическом Университете.

**Приборы:** Модифицированная колба для трипсинизации, с носиком для отделения диспергированной нефти без повреждения верхнего слоя; 2 нефти (Лукойл, Башнефть), 2 диспергента (Dasick Slickgone NS, Finasol OSR 51), орбитальный шейкер, спектрофотометр.



## Условия проведения эксперимента:

Концентрация диспергент:  
нефть - 1:10

Нефть №1 (Лукойл):

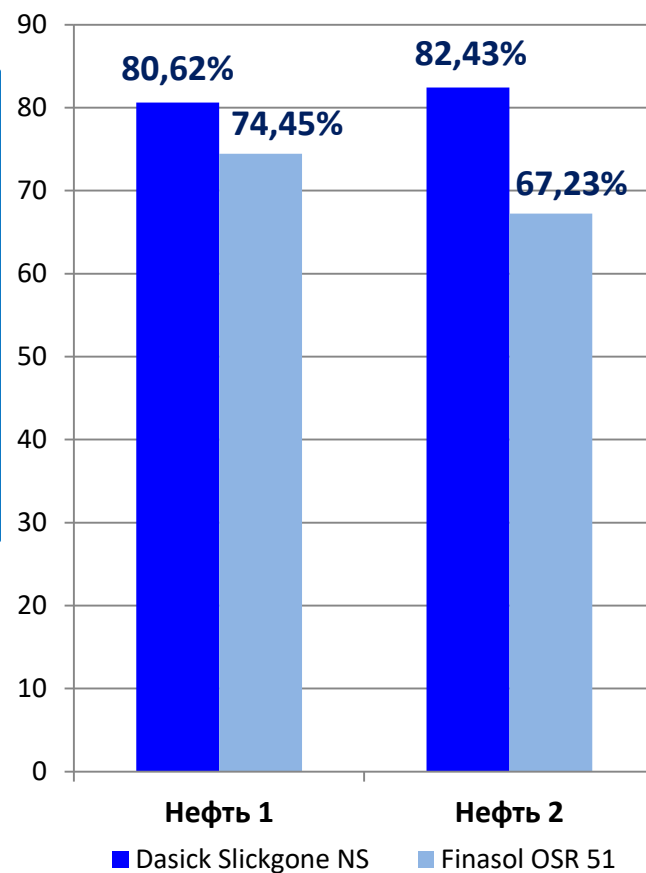
Плотность: 0,8921 г\см<sup>3</sup>;

Нефть №2 (Башнефть):

Плотность: 0,8180 г\см<sup>3</sup>;

Соленость воды = 33 мг/л

Эффективность диспергента оценивается – как отношение количества диспергированной нефти к общему количеству добавленной нефти, выраженное в процентах.



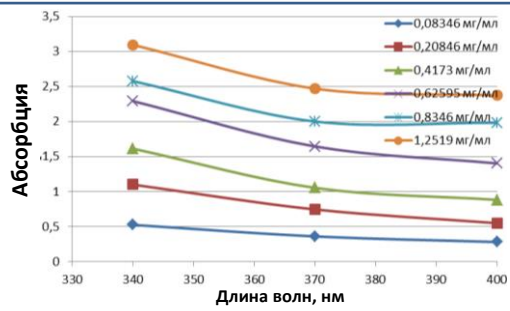
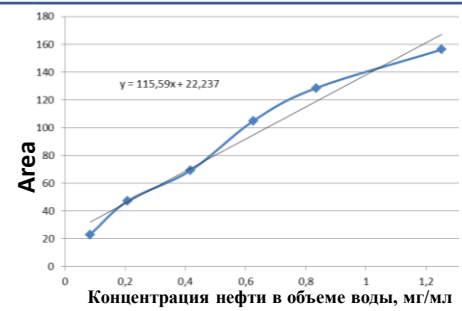
**Рис. 7.** BFT – тест в Казанском исследовательском технологическом университете

**Рис. 8.** Сравнение эффективности диспергентов методом BFT - тест

# Результаты работы

Нефть 1 (Лукойл)

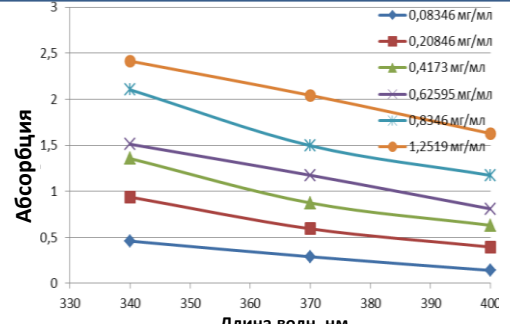
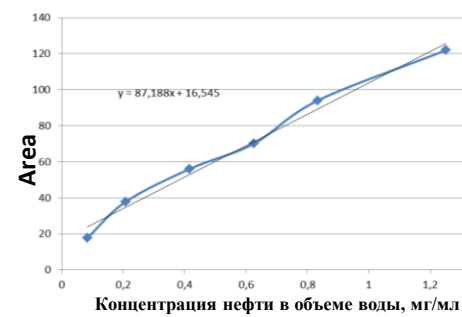
Dasic Slickgone NS



объем воды	длина волны			Area
	340	370	400	
150	1,8541	1,3541	0,9842	83,1975

Эффективность  
80,62%

Finasol OSR 51

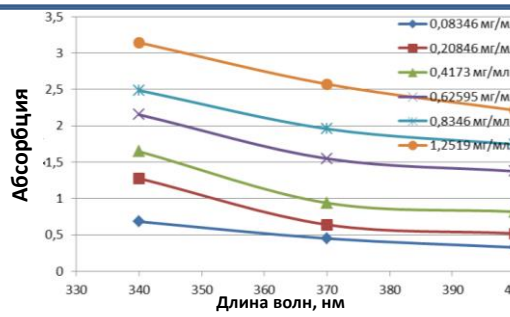
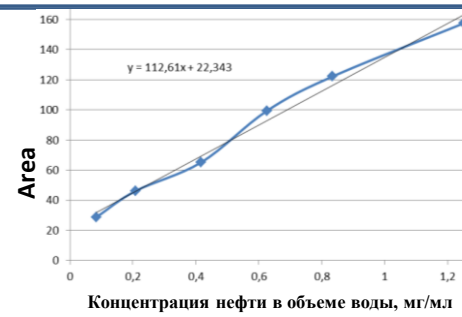


объем воды	длина волны			Area
	340	370	400	
150	1,4462	0,9845	0,4454	57,909

Эффективность  
74,45%

Нефть 2 (Башнефть)

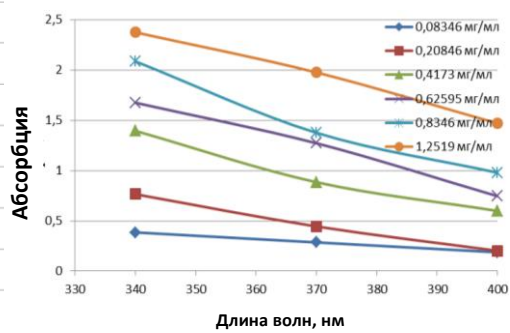
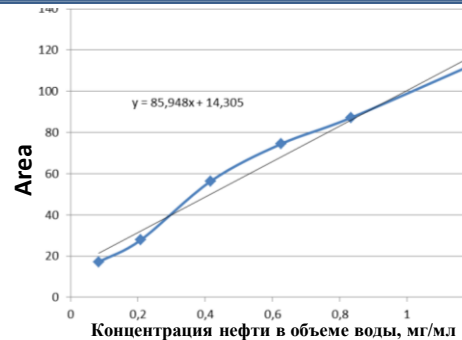
Dasic Slickgone NS



объем воды	длина волны			Area
	340	370	400	
150	1,7451	1,451	0,8741	82,818

Эффективность  
82,43%

Finasol OSR 51



объем воды	длина волны			Area
	340	370	400	
150	1,2945	0,8765	0,3894	51,5535

Эффективность  
67,23%

Рис. 9. Результаты BFT – теста для двух видов нефти и двух диспергентов

# Полевой метод анализа эффективности. FET – тест

## (Заповедник «Ненецкий»)

Проведение полевого анализа эффективности диспергентов методом Field Effective Test на полуострове Костяной Нос (80 км от Нарьян-Мара) в северной части Корвинской губы Баренцева моря в заповеднике «Ненецкий».

### Условия эксперимента:

Температура воздуха 8°C	Соленость воды 33 мг/л
Температура воды 6°C	Концентрация нефтепродуктов в воде 1,4 мг/л
Скорость ветра 10 м/с	Нефть №1 (Лукойл): Плотность: 0,8921 г\см <sup>3</sup> ;
Высота волн 1 метр	Нефть №2 (Башнефть): Плотность: 0,8180 г\см <sup>3</sup> .
Ветер Ю-З	
pH воды 7,5	



Рис. 10. FET– тест в заповеднике «Ненецкий»



**Приборы:**  
Стеклянные цилиндры;  
термометр воздух \ вода; pH и TDS – метры;  
Нефть1 – Лукойл;  
Нефть2 – Башнефть;  
Диспергент 1 - Dasick Slickgone NS;  
Диспергент 2 - Finasol OSR 51.

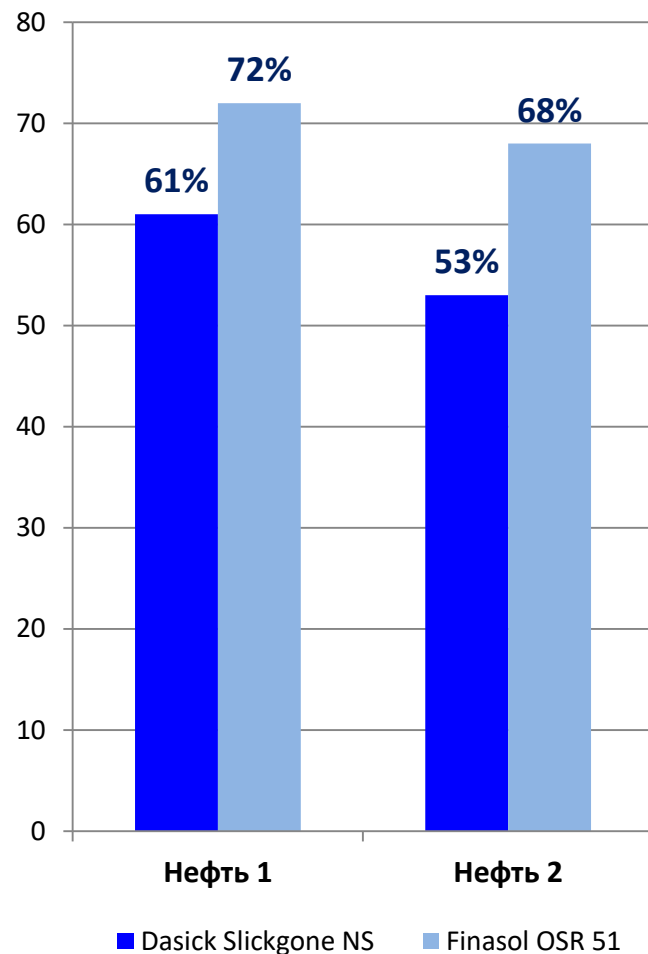
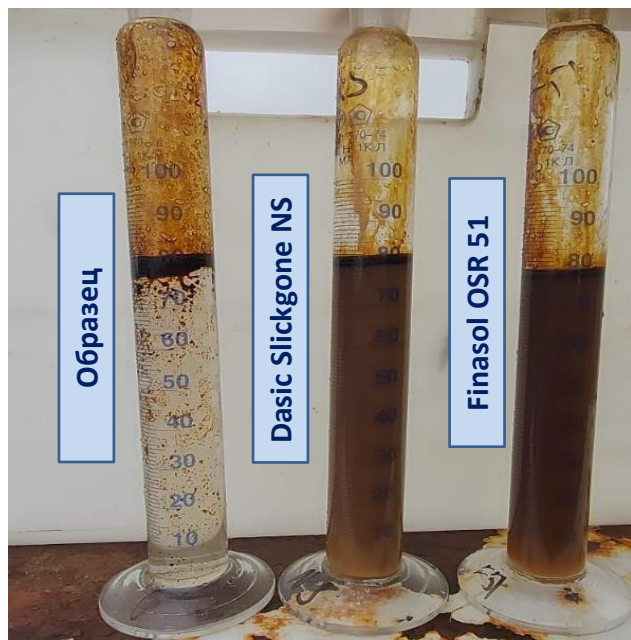


Рис. 11. Сравнение эффективности диспергентов методом FET - тест



# Результаты работы

Нефть 1 (Лукойл)



Dasic Slickgone NS

$$100\% - \left( \frac{1,8 * 100}{4,6} \right) = 61\%$$

**Эффективность  
61%**

Finasol OSR 51

$$100\% - \left( \frac{1,3 * 100}{4,6} \right) = 72\%$$

**Эффективность  
72%**

Dasic Slickgone NS

$$100\% - \left( \frac{2,6 * 100}{5,5} \right) = 53\%$$

**Эффективность  
53%**

Finasol OSR 51

$$100\% - \left( \frac{1,8 * 100}{5,5} \right) = 68\%$$

**Эффективность  
68%**

Нефть 2 (Башнефть)

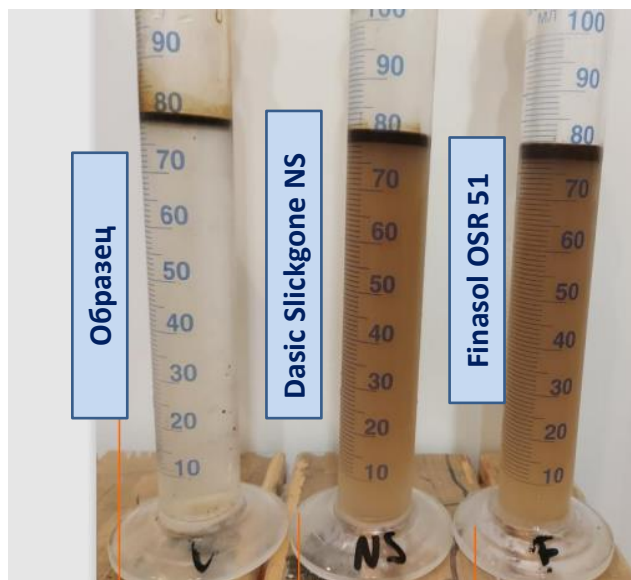


Рис. 12. Результаты FET – теста для двух видов нефти и двух диспергентов

# Практическое применение диспергентов в загрязненных углеводородами водоемах

(Кумжинское месторождение)

Удалось испытать диспергенты в условиях реальной аварии на Кумжинском месторождении. Здесь 40 лет регулярно и неконтролируемо бьет фонтан нефти, создавая экологическую катастрофу. В ходе эксперимента взяты три пробы воды. На месте проведен анализ концентрации нефтепродуктов в воде и выявлено превышение нормы в 10 раз, поэтому в пробы решено не добавлять дополнительный объем нефти для проведения Field Effective Test.



Рис. 13.: 1. Кумжинское месторождение; 2. Проба №1 «Малый Гусинец»; 3. Проба №2 «Большой Гусинец»; 4. Проба №3 «Полуостров Костяной Нос»

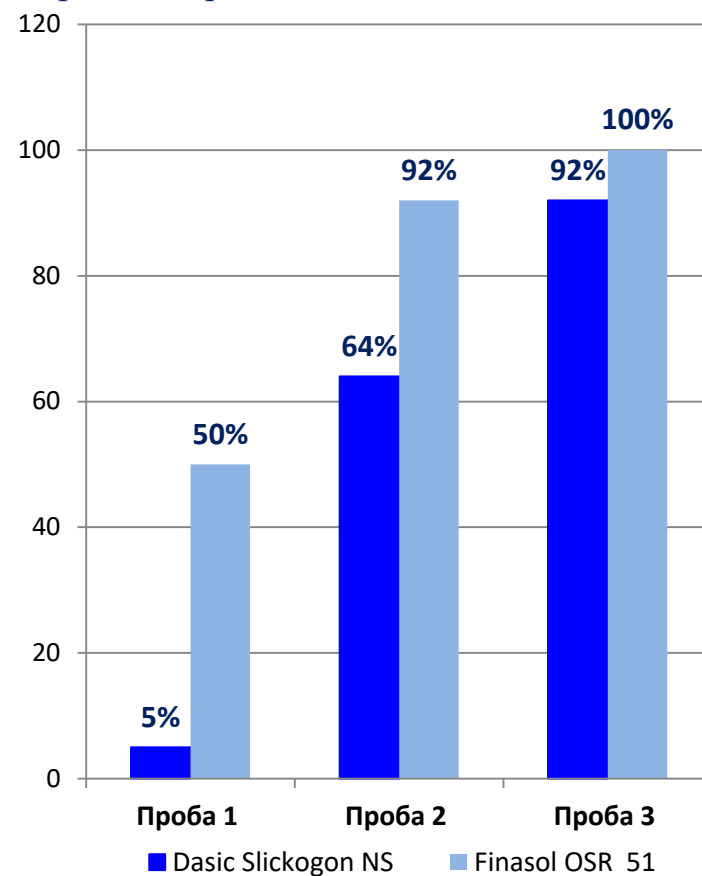


Рис. 14. Сравнение эффективности диспергентов в природных условиях разлива нефти

# Результаты работы

## Проба №1 «Малый Гусинец»

## Проба №2 «Большой Гусинец»

## Проба №3 «П-ов Костяной Нос»

### 1 этап. Определение содержания нефтепродуктов методом бумажного хроматографирования.

- pH воды – 6,6
- Минерализация воды – 34 мг/л
- Концентрация нефтепродуктов:

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{0,5 \text{ мг}}{0,272 \text{ л}} = 1,8 \text{ мг/л}$$

- pH воды – 7,3
- Минерализация воды – 35 мг/л
- Концентрация нефтепродуктов:

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{0,4 \text{ мг}}{0,272 \text{ л}} = 1,4 \text{ мг/л}$$

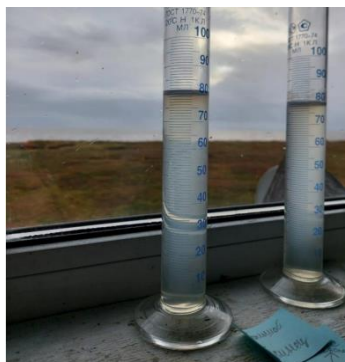
- pH воды – 7,3
- Минерализация воды – 35 мг/л
- Концентрация нефтепродуктов:

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{0,4 \text{ мг}}{0,272 \text{ л}} = 1,4 \text{ мг/л}$$

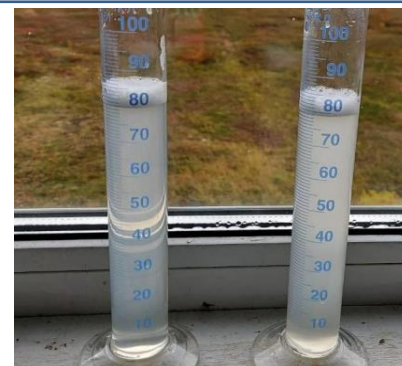
### 2 этап. Диспергирование проб методом FE - теста.



Dasic Slickogon Finasol OSR



Finasol OSR Dasic Slickogon



Finasol OSR Dasic Slickogon

### 3 этап. Повторное определение содержания нефтепродуктов бумажным хроматографированием.

Finasol Dasic  
OSR Slickogon

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{1,33 \text{ мг}}{0,7 \text{ л}} = 1,9 \text{ мг/л}$$

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{1,9 \text{ мг}}{0,7 \text{ л}} = 2,7 \text{ мг/л}$$

Finasol Dasic  
OSR Slickogon

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{1,6 \text{ мг}}{0,7 \text{ л}} = 2,3 \text{ мг/л}$$

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{1,9 \text{ мг}}{0,7 \text{ л}} = 2,7 \text{ мг/л}$$

Finasol Dasic  
OSR Slickogon

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{1,9 \text{ мг}}{0,7 \text{ л}} = 2,7 \text{ мг/л}$$

$$\frac{M_{\text{пр}}}{V_{\text{п}}} = \frac{1,96 \text{ мг}}{0,7 \text{ л}} = 2,8 \text{ мг/л}$$

### Анализ эффективности

Dasic Slickogon  
**5%**

Finasol OSR  
**50%**

Dasic Slickogon  
**64%**

Finasol OSR  
**92%**

Dasic Slickogon  
**92%**

Finasol OSR  
**100%**

Рис. 15. Этапы и результаты проведения данного исследования

## Вывод



Показатели эффективности диспергента являются важнейшими при выборе способа ликвидации разлива нефти. Однако, мы доказали, что необходимо комбинировать методы оценки эффективности (лабораторные и полевые), ни один из них полностью не универсален. Необходимо учитывать факторы окружающей среды, свойства морской воды, разлитой нефти, особенно, находясь в арктических широтах. Помимо анализа эффективности в Российской Федерации перед применением диспергента учитывают предельную допустимую концентрацию вещества (ПДК) и класс опасности вещества.

**Программа действий: 1.** По приглашению лаборатории Сколково планирую разработать биоразлагаемый, экологичный диспергент, с низкой токсичностью, в основе которого вещества растительного происхождения (например, гликозиды), используемые в пищевой и косметической промышленности. **2.** Создание собственного комбинированного лабораторно-полевого метода для анализа эффективности диспергентов, не требующего специального оборудования, мобильного и легко воспроизводимого в условиях передвижной лаборатории.

**Благодарность.** Искренне благодарю научных руководителей за консультации при сборе и обработке полевого и лабораторного материалов, сотрудников заповедника «Ненецкий», лаборатории Инжинирингового центра МФТИ, Казанского национального исследовательского технологического университета, компании Роснефть, Газпромнефть Шельф, Лукойл, Башнефть.

Рис.16. Анализ арктических проб



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

**г. Москва, 2021**