

НАУКА В ПРОЕКТИРОВАНИИ И РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



ЕЖЕГОДНАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

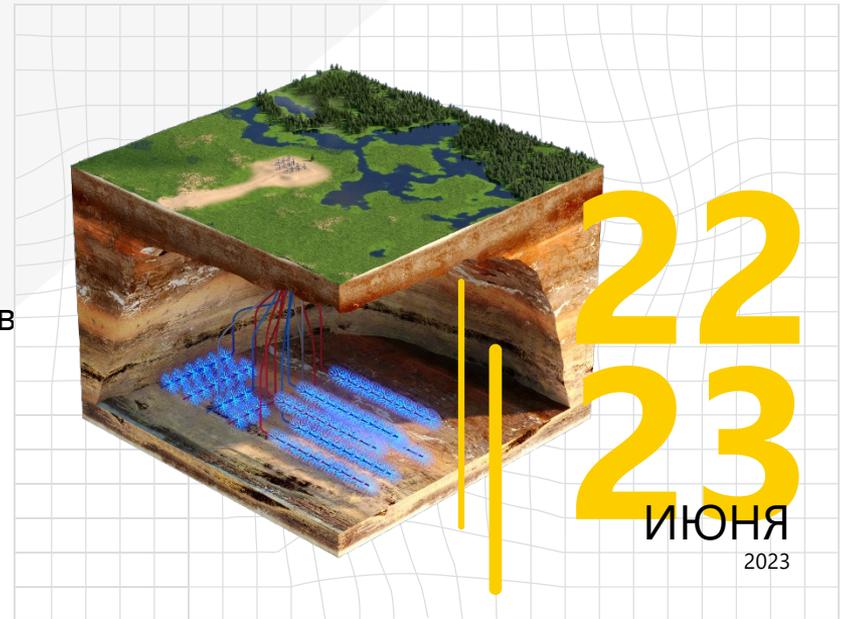


ТЮМЕНЬ

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОФЛЮИДОВ В ЗАДАЧАХ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

Жигарев Владимир Алексеевич, Минаков А. В.,
Гузей Д.В., Иванова С.В., Пряжников М.И., Пряжников
А.И.

«Сибирский федеральный университет»



АКТУАЛЬНОСТЬ

Задача повышения эффективности вытеснения нефти из пласта является на сегодняшний день крайне актуальной. Современные методы добычи позволяют достичь значений коэффициента извлечения нефти (КИН) от 20 до 40%.

Одним из распространенных методов разработки нефтяных месторождений является заводнение пласта растворами ПАВ и полимеров.

В последние годы появились работы, в которых рассматривается возможность применения наносuspензий для закачки в пласт с целью увеличения нефтеотдачи.

Вытеснение нефти из пласта



Цель работы

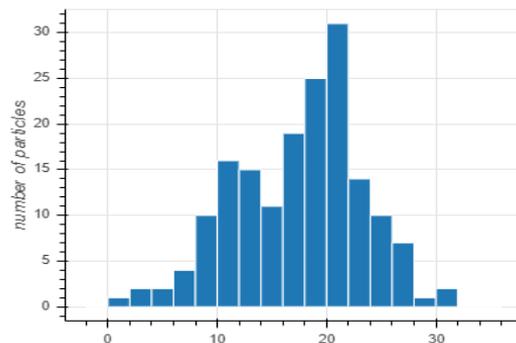
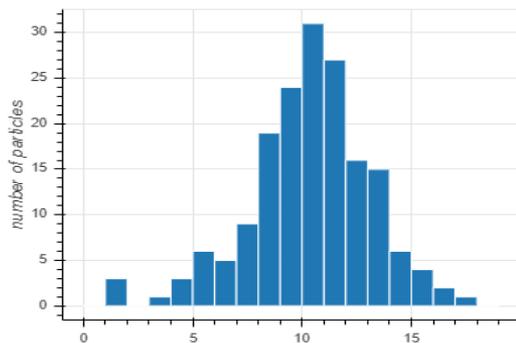
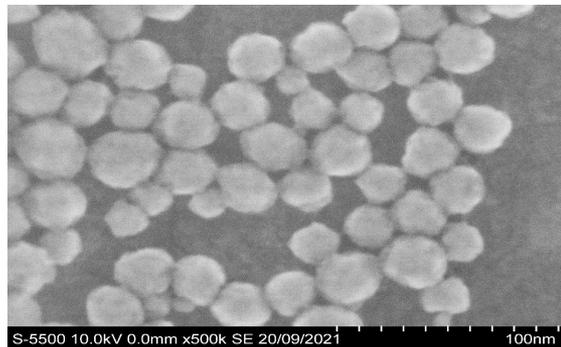
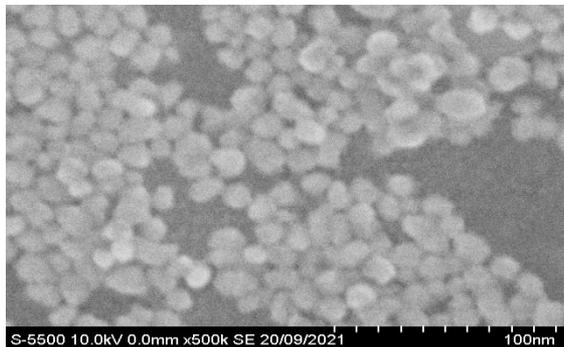
Систематическое исследование факторов, влияющих на эффективность процесса вытеснения нефти наносuspensionями.

Задачи исследования

1. Экспериментальное исследование свойств наноэмульсий/наносuspensionей.
2. Экспериментальное исследование краевого угла смачивания и межфазного натяжения в системах наноэмульсия(наносuspensionя)/нефть/горная порода.
3. Экспериментальное исследование вытеснения нефти из микромоделльного чипа
4. Экспериментальное исследование капиллярной пропитки.
5. Экспериментальное исследование процесса вытеснения нефти из образцов керна.



Контроль размеров наночастиц



РЭМ изображения и распределения частиц SiO₂ по размерам.



Malvern Zetasizer Nano ZS
анализатор размера наночастиц



Электроакустический
спектрометр DT-12000

Приготовленные растворы

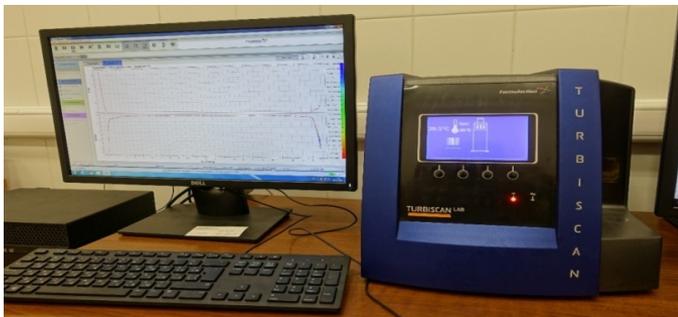


Фотографии наножидкостей с частицами оксида алюминия при различной концентрации слева направо: 0.125 wt. %, 0.25 wt. %, 0.5 wt. %, 1 wt. %, 2 wt. %.

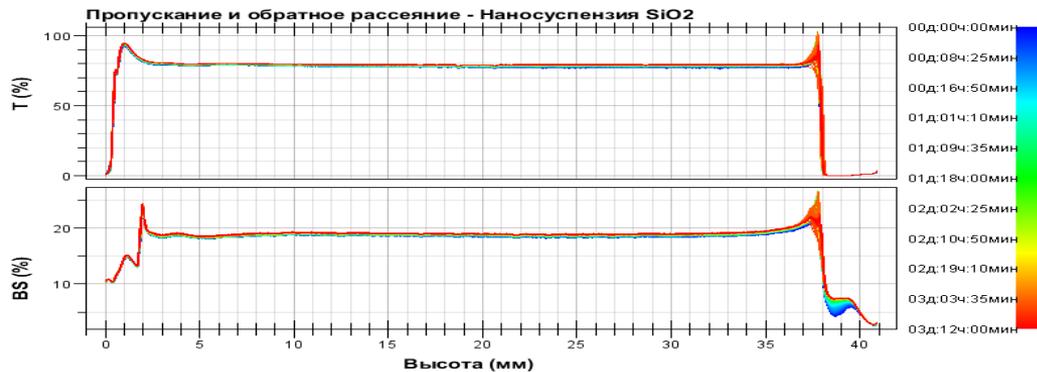


Фотографии наноземulsionей с УВ фазой 2.5%+эмульгатор РС-501 0.5% для разных УВ баз слева направо масло минеральное (B1), дизельное топливо (DT), масло Роснефть (RN), нефть (Oil).

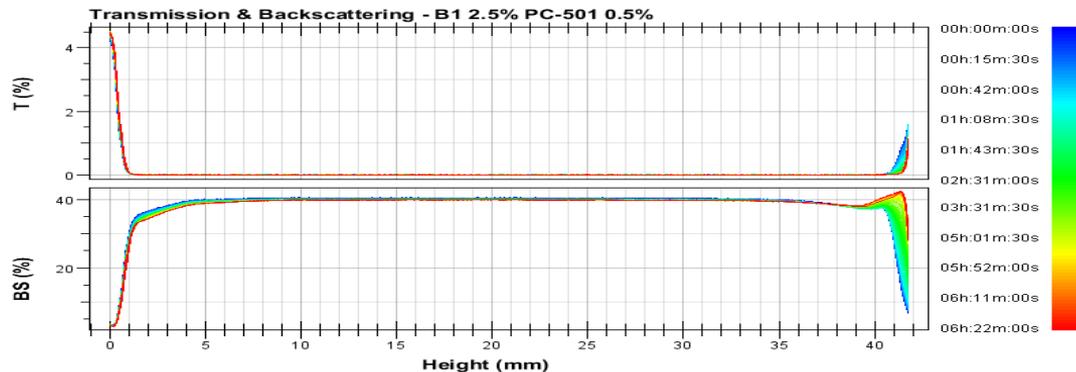
Контроль за устойчивостью суспензий/эмульсий



Анализатор коллоидной устойчивости
Turbiscan LAB

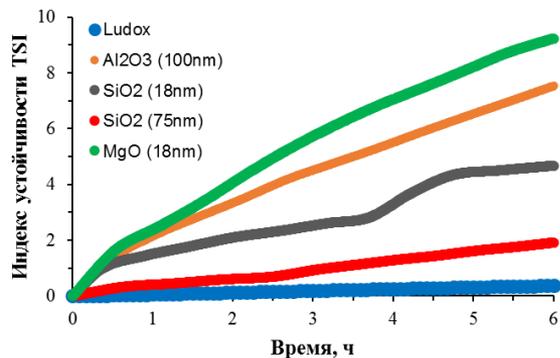


Профили пропускания и обратного рассеяния суспензии Ludox TM -5нм.

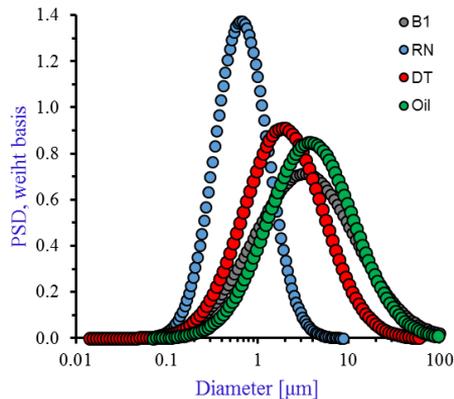


Профили пропускания и обратного рассеяния эмульсии B1 2.5%+PC-501 0.5%.

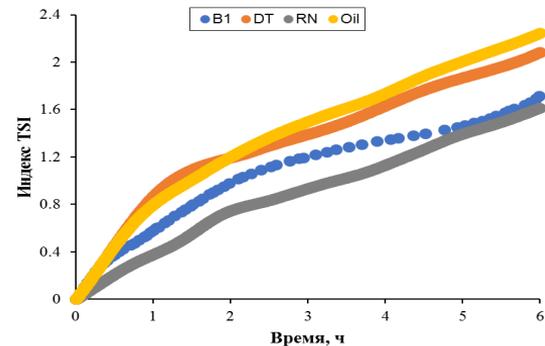
Контроль устойчивости



Зависимость индекса дестабилизации для некоторых наносуспензий

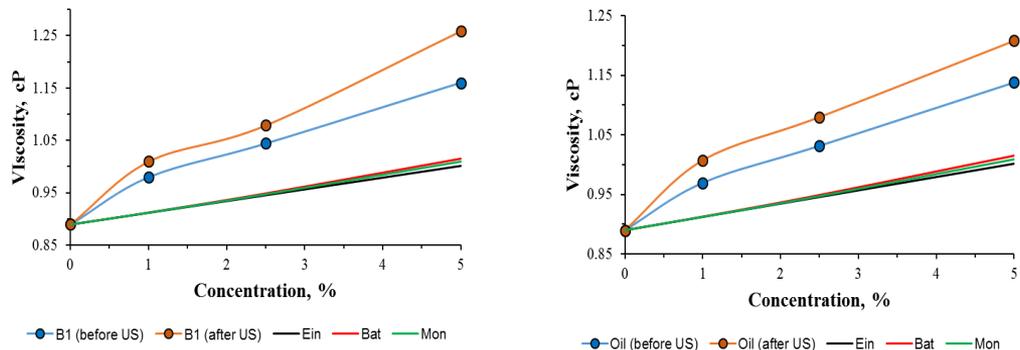


Распределение по размерам капель в эмульсиях с разной углеводородной основой (до обработки ультразвуком)

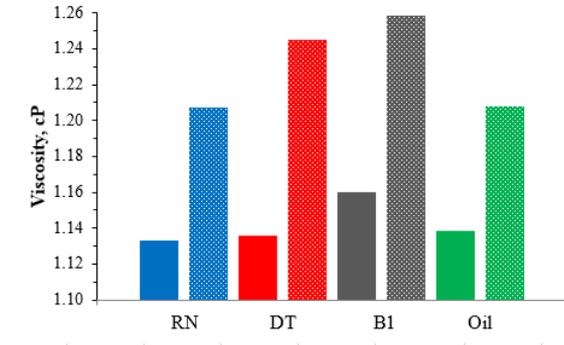


Зависимость индекса устойчивости TSI от времени для эмульсий с разной углеводородной фазой (концентрация УВ 2.5%, РС-501 0.5%)

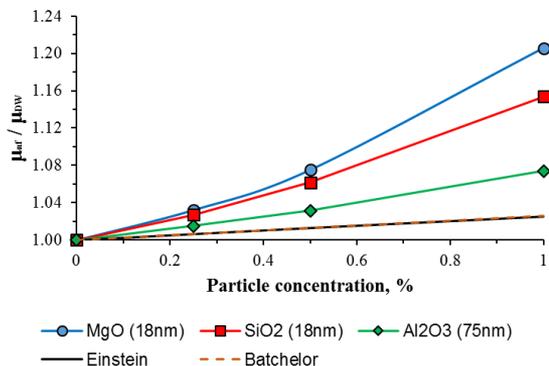
Контроль вязкости



Зависимость коэффициента вязкости от концентрации масла В1 (слева) и нефти (справа) в эмульсии и корреляции Эйнштена, Бэтчелора и Монсона



Коэффициент вязкости эмульсий с разной углеводородной основой (5%) до и после обработки ультразвуком



Зависимость относительного коэффициента вязкости суспензий от концентрации

Контроль КУС

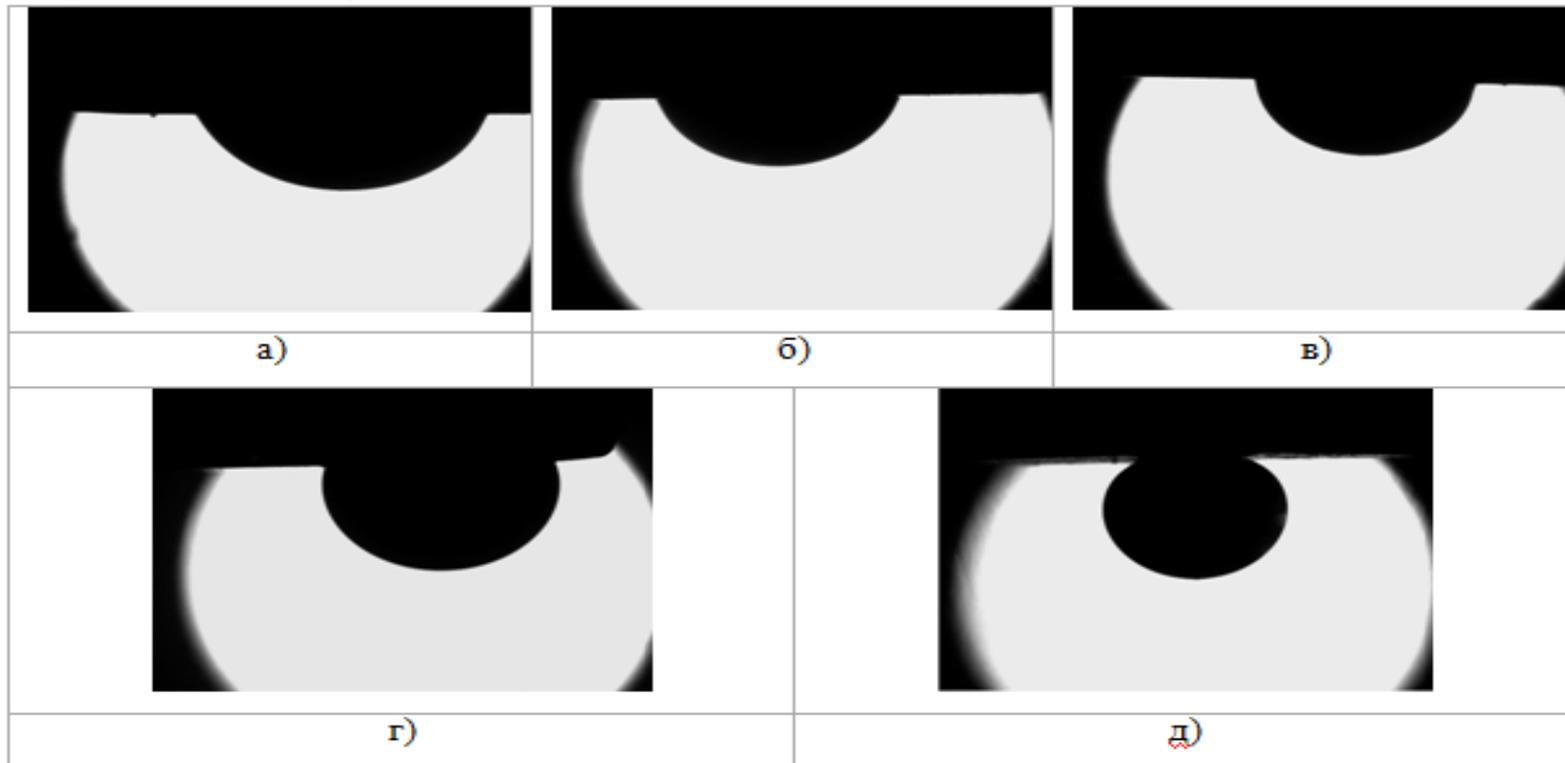


Фотография автоматического тензиометра
IFT-820-P



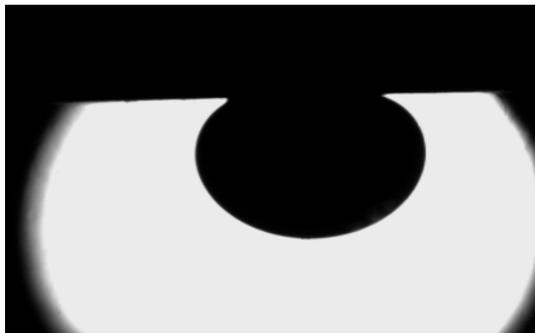
Фотография образца пластины, вырезанной из песчаника

Контроль КУС суспензий

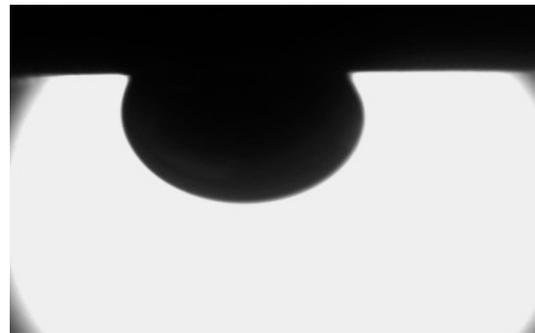


Фотографии капли нефти в наносuspензии SiO₂ на поверхности керна при разной концентрации наночастица) 0%; б) 0,125%; в) 0,25%; г) 0,5%; д) 1%.

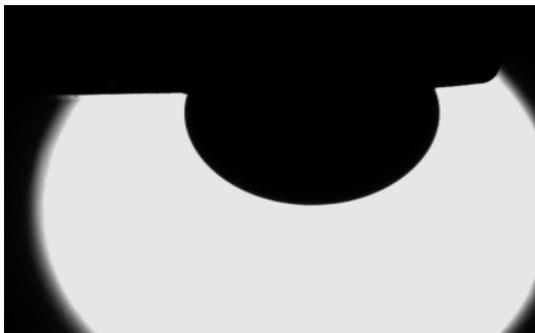
Контроль КУС суспензий



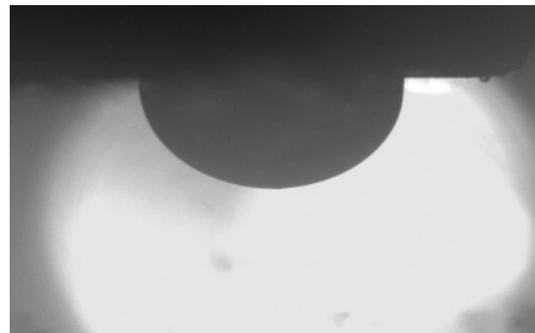
а)



б)



в)



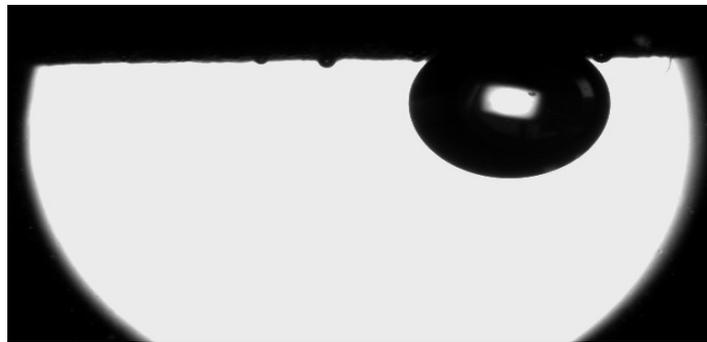
г)

Фотографии капли нефти в наносуспензии SiO₂ на поверхности керна
с разным размером наночастиц, концентрация 0,5мас.%

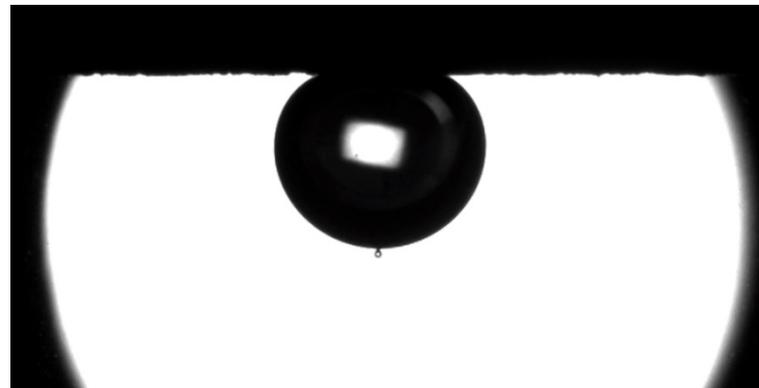
а) 5 нм; б) 18 нм; в) 31 нм; г) 50 нм



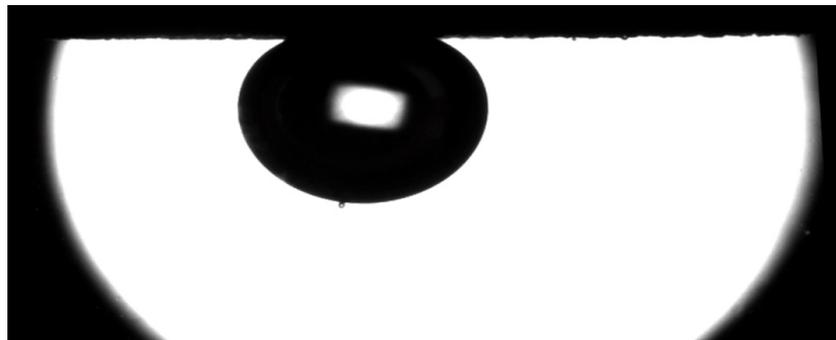
Контроль КУС суспензий



Фотография капли нефти в дистиллированной воде на песчанике

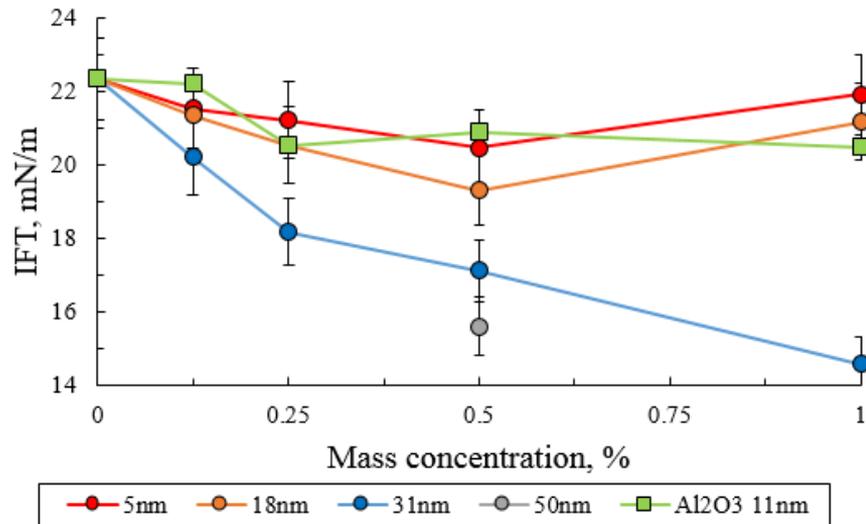
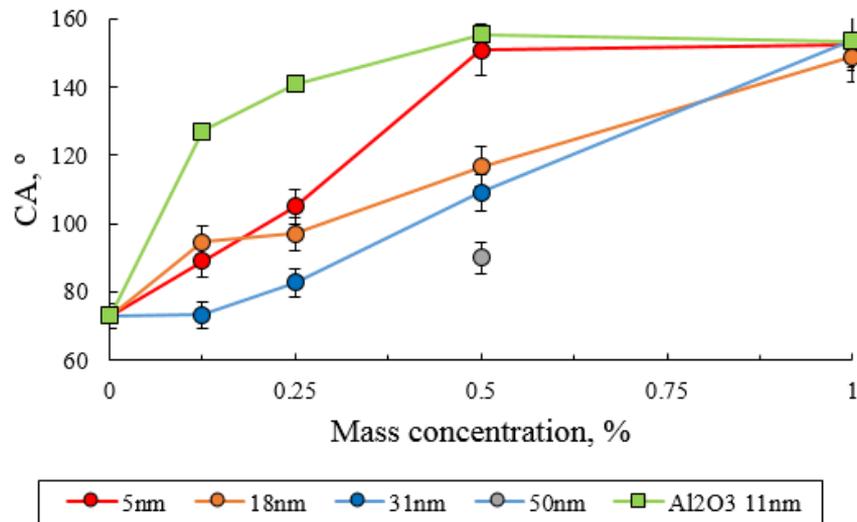


Фотография капли нефти в 0.25мас% водной суспензии SiO₂ на песчанике



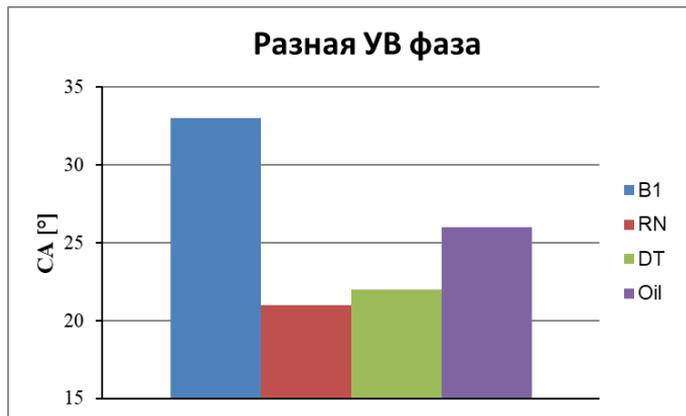
Фотография капли нефти в 0.5мас% водной суспензии SiO₂ на песчанике

Контроль КУС суспензий



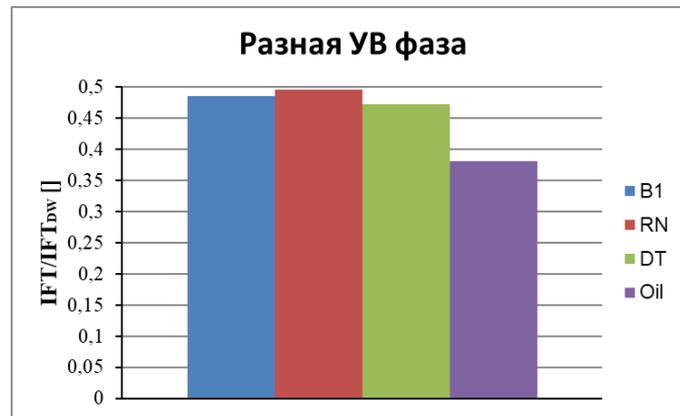
Зависимость краевого угла смачивания и межфазного натяжения наносuspension/нефть на горной породе от концентрации наночастиц SiO₂ и Al₂O₃ с разным размером.

Контроль КУС эмульсий



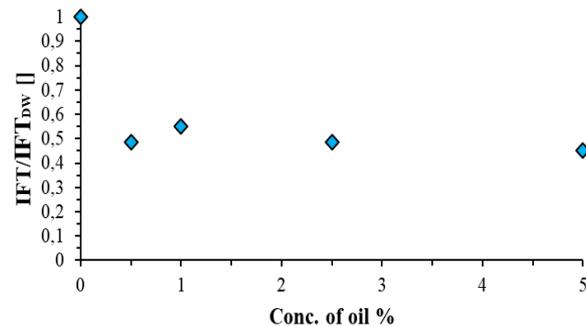
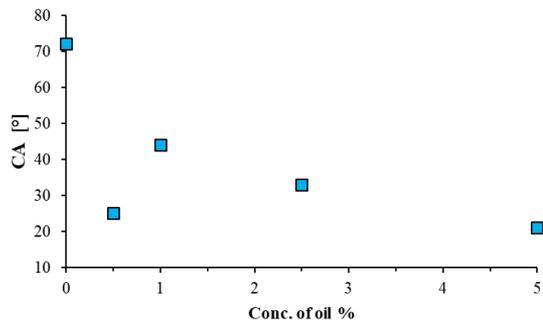
Зависимость краевого угла смачивания от вида дисперсной УВ фазы в наноэмульсии.

Объемная концентрация дисперсной УВ фазы равна 2.5%. Концентрация эмульгатора (РС-501) равна 0.5%.

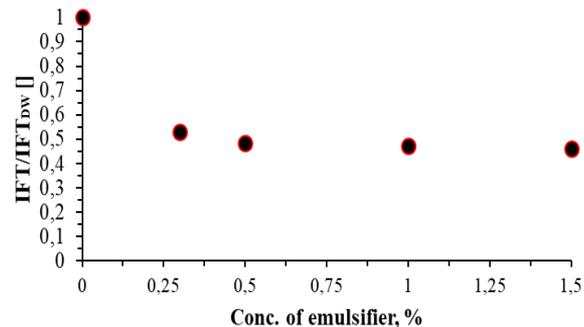
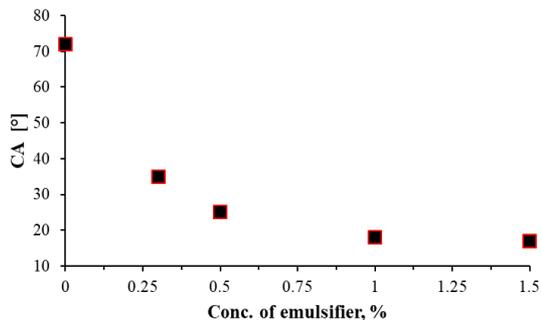


Зависимость относительного коэффициента межфазного натяжения от вида дисперсной УВ фазы в наноэмульсии. Объемная концентрация дисперсной УВ фазы равна 2.5%. Концентрация эмульгатора (РС-501) равна 0.5%.

Контроль КУС эмульсий

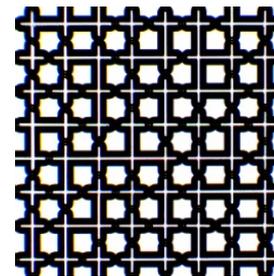
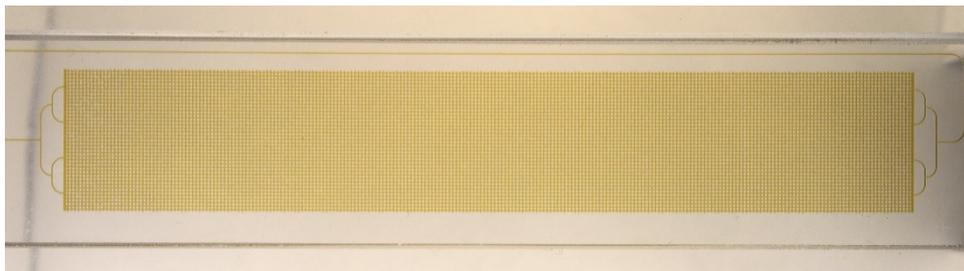


Зависимость краевого угла смачивания и относительного коэффициента межфазного натяжения от объемной концентрации дисперсной УВ фазы (масло РС-230 марки В1) в наноэмульсии. Концентрация эмульгатора (РС-501) равна 0.5%



Зависимость краевого угла смачивания и относительного коэффициента межфазного натяжения от концентрации эмульгатора (РС-501) в наноэмульсии. Объемная концентрация дисперсной УВ фазы (масло РС-230 марки В1) равна 2.5%.

Экспериментальное исследование процесса вытеснения нефти из микрофлюидного чипа наносуспезией



Микрофлюидный чип (слева) и его увеличенный фрагмент (справа).

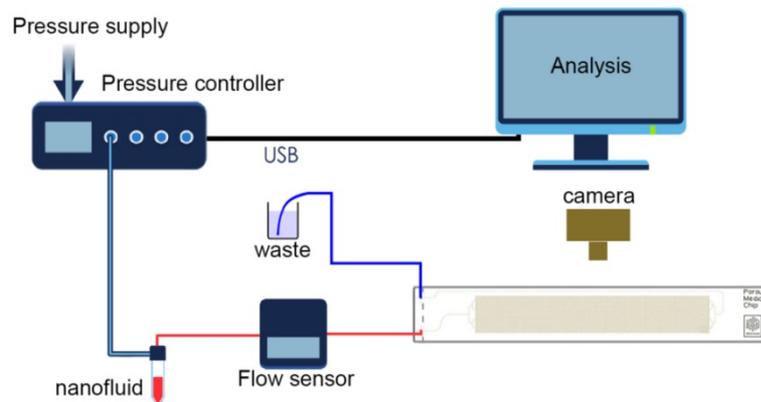
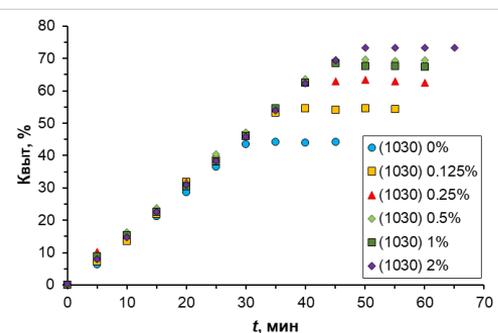
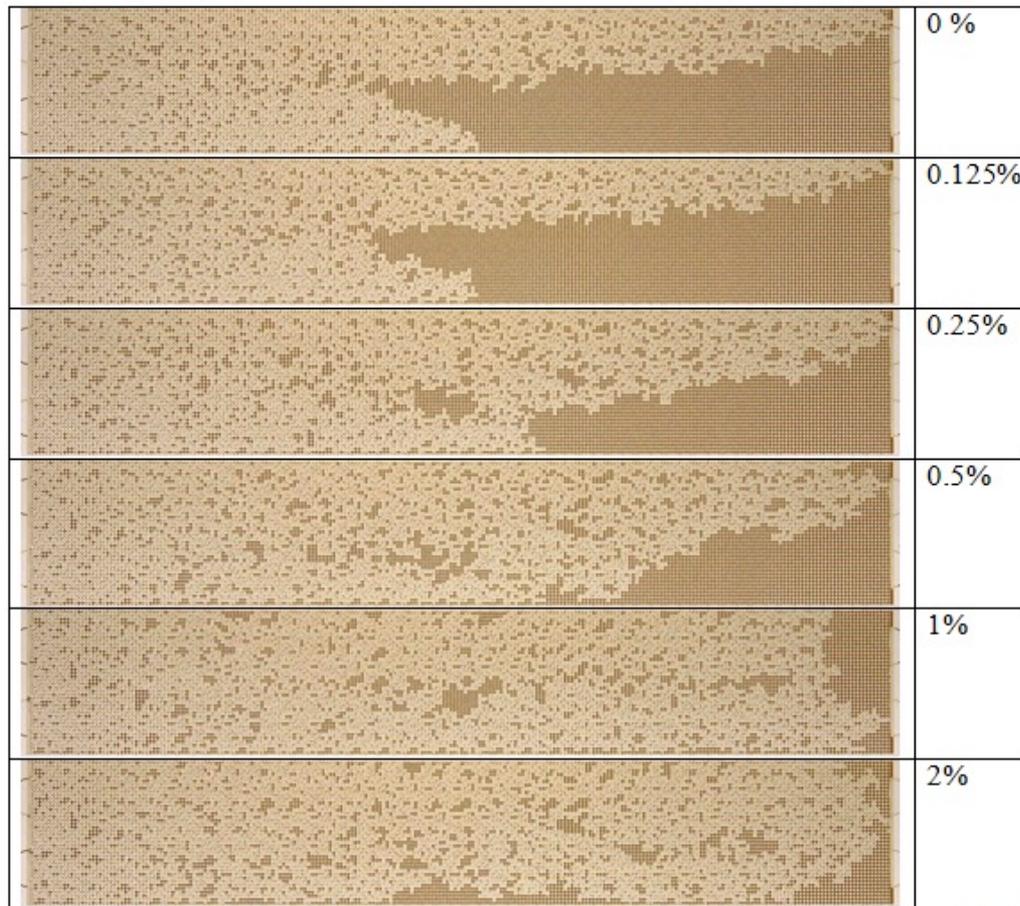
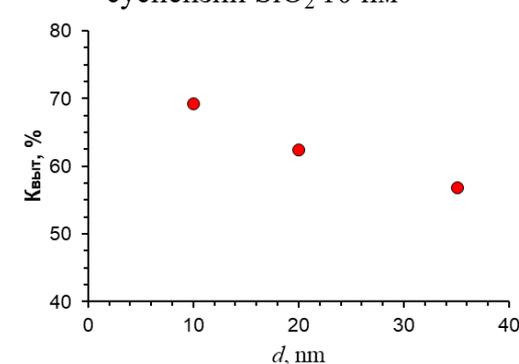


Схема экспериментальной установки

Микрофлюидное вытеснение нефти

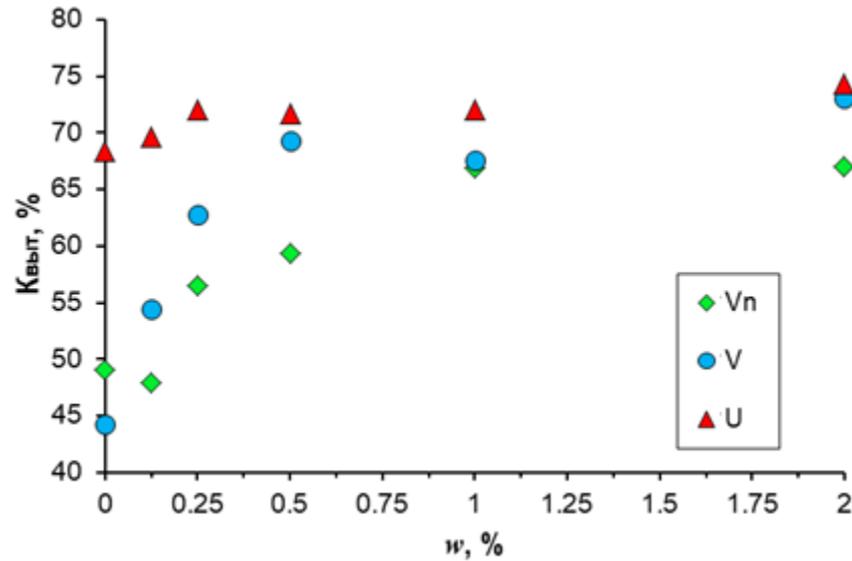


Динамика изменения коэффициента вытеснения нефти при использовании суспензии SiO_2 10 нм



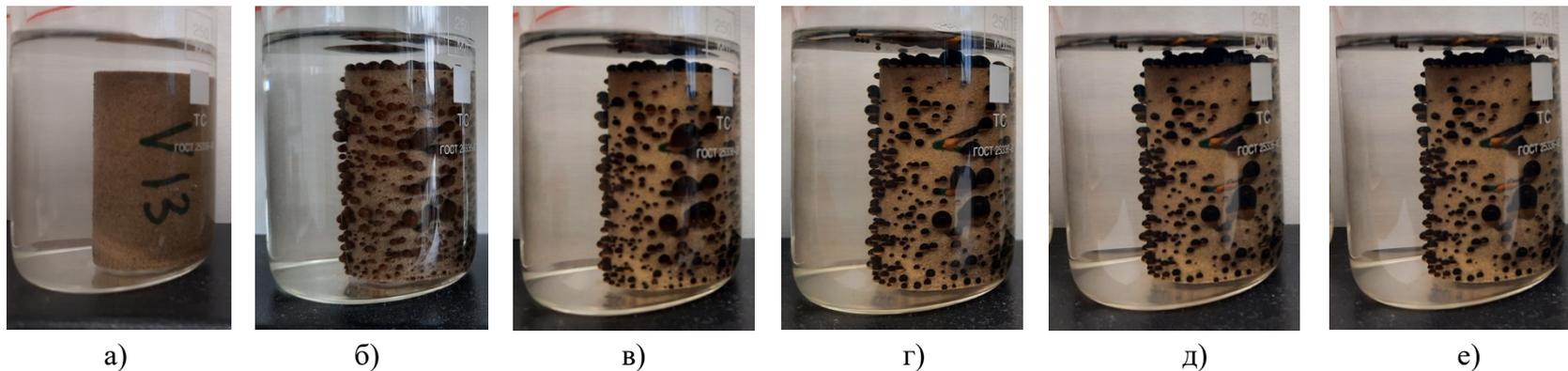
Зависимость коэффициента вытеснения нефти (V) при использовании суспензии SiO_2 различного размера

Микрофлюидное вытеснение нефти



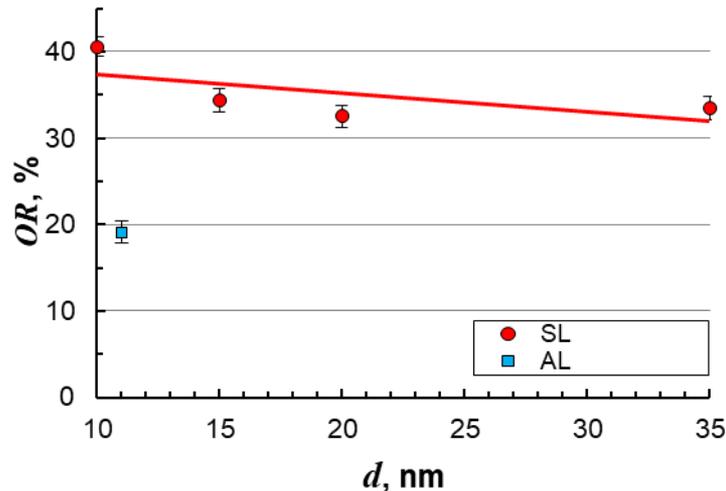
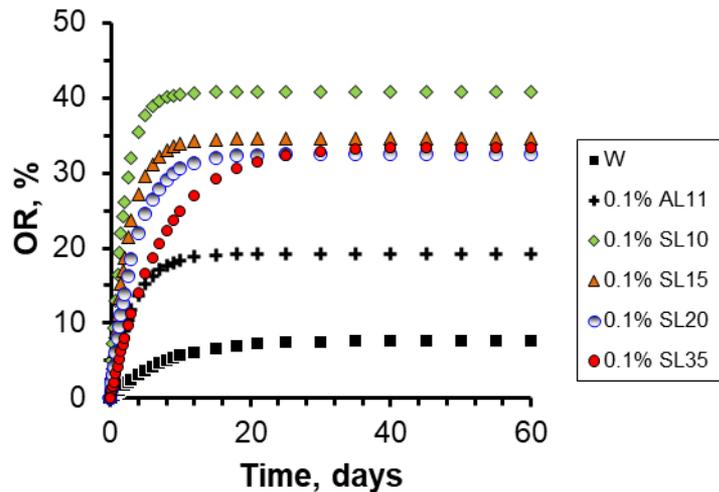
Зависимость коэффициента вытеснения нефти от концентрации наносuspензии SiO₂ 10 нм для различной нефти

Экспериментальное исследование процесса капиллярной пропитки наносуспензией



Фотографии процесса пропитки нефтенасыщенного керна в 0,1мас.% суспензии в различные моменты времени: а) начало эксперимента; б) спустя сутки; в) спустя 7 дней; г) спустя 20 дней; д) спустя 28 дней; е) спустя 66 дней.

Экспериментальное исследование процесса капиллярной пропитки наносuspензией



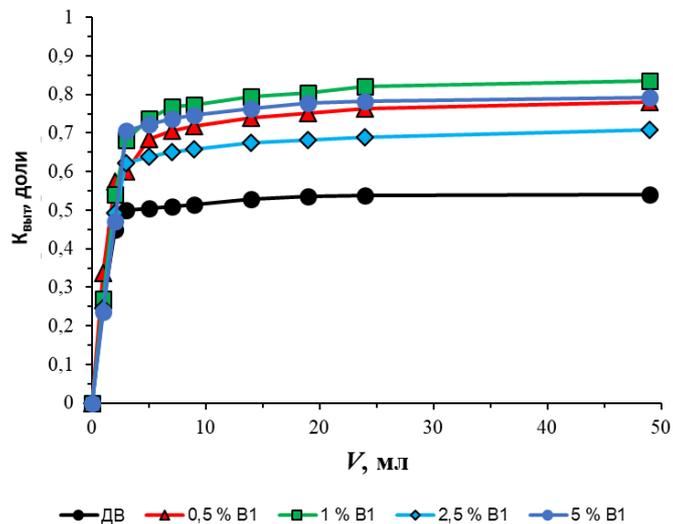
Зависимость коэффициента вытеснения нефти от времени и конечный коэффициент вытеснения от размера наночастиц

Фильтрационные эксперименты

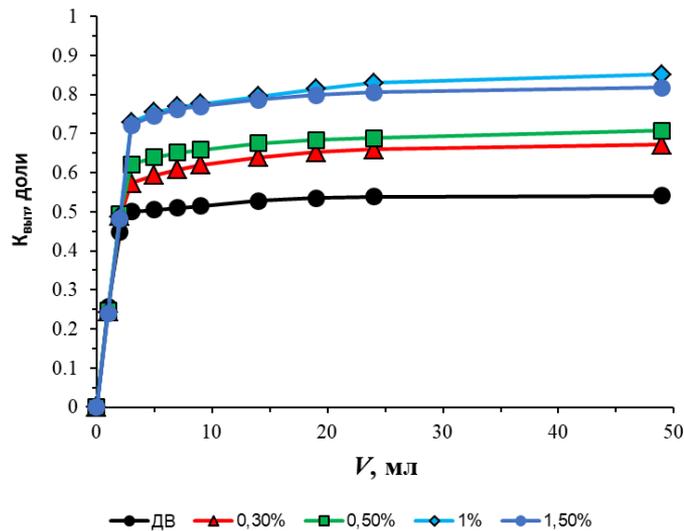


Фотографии образцов кернов, песчаник Berea Sandstone

Результаты фильтрационных испытаний эмульсий

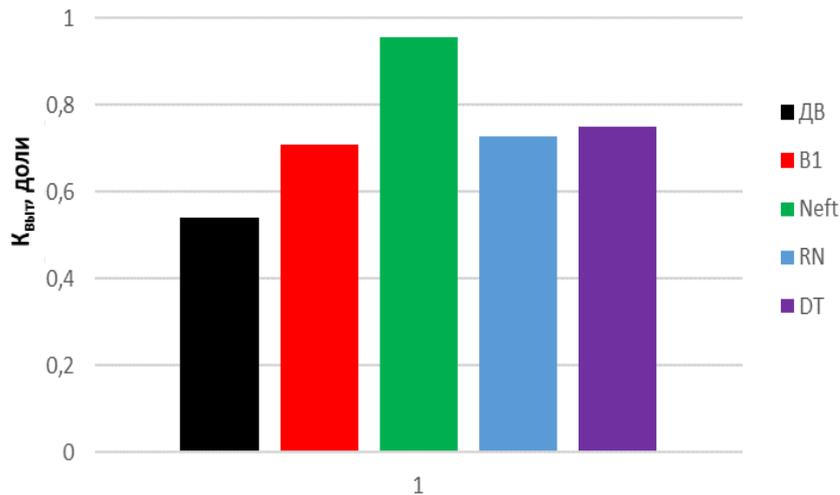


Зависимость коэффициента вытеснения нефти от объема прокаченной наноэмульсии от объемной концентрации дисперсной фазы (масло РС-230 марки В1) в эмульсии и дистиллированной воды (ДВ)



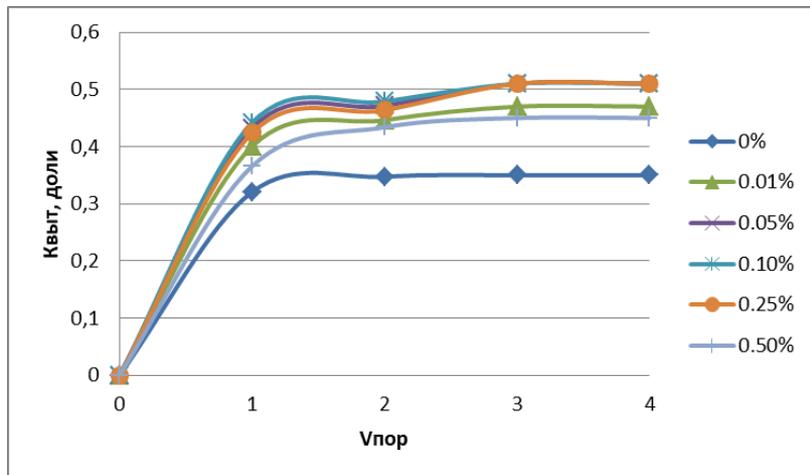
Зависимость коэффициента вытеснения нефти от объема прокаченной наноэмульсии от концентрации эмульгатора (РС-501) при объемной концентрации дисперсной фазы (масло РС-230 марки В1) в эмульсии равной 2,5%

Результаты фильтрационных испытаний эмульсий

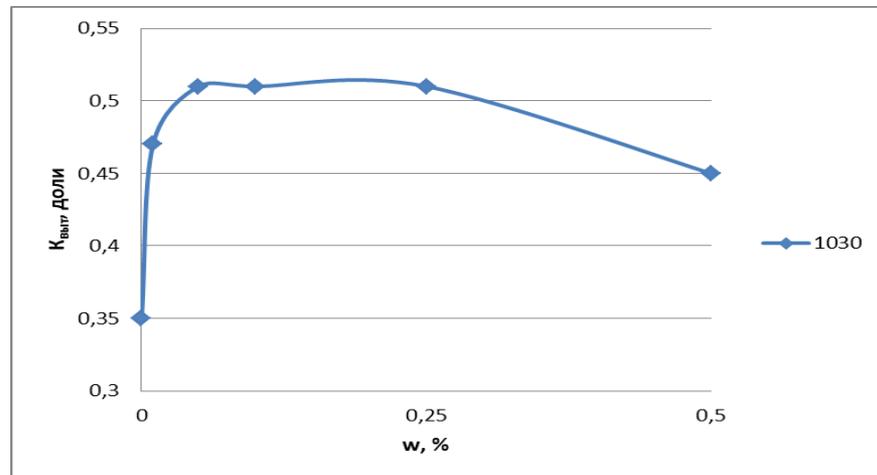


Зависимость коэффициента вытеснения нефти от вида дисперсной УВ фазы в эмульсии при концентрации 2.5% и концентрации эмульгатора (РС-501) 0.5%

Результаты фильтрационных испытаний суспензий

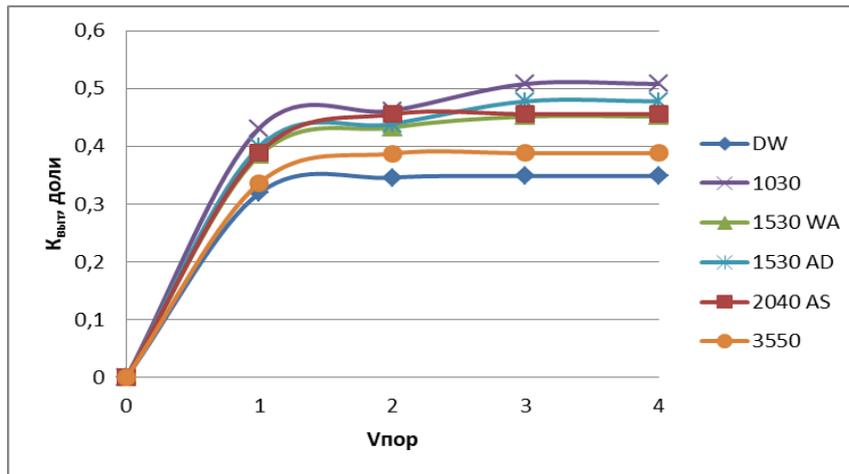


Зависимость Квйт от объема прокачиваемой наножидкости при разной концентрации наночастиц 10 нм.

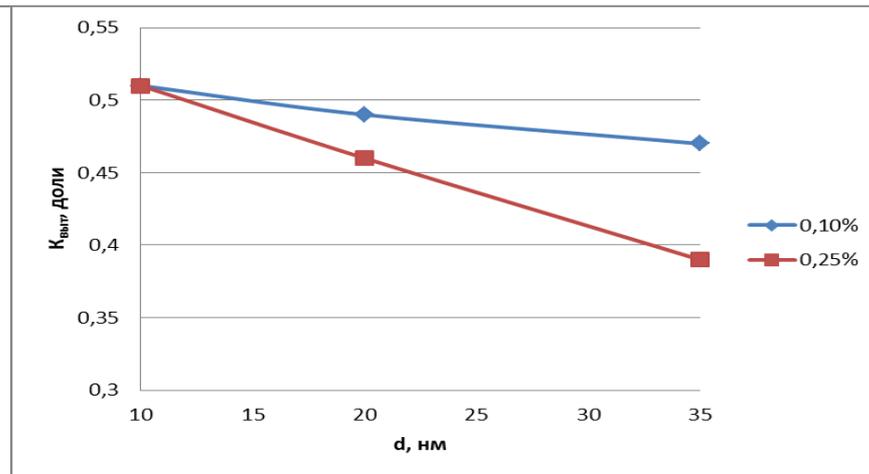


Зависимость Квйт от концентрации частиц.

Результаты фильтрационных испытаний суспензий

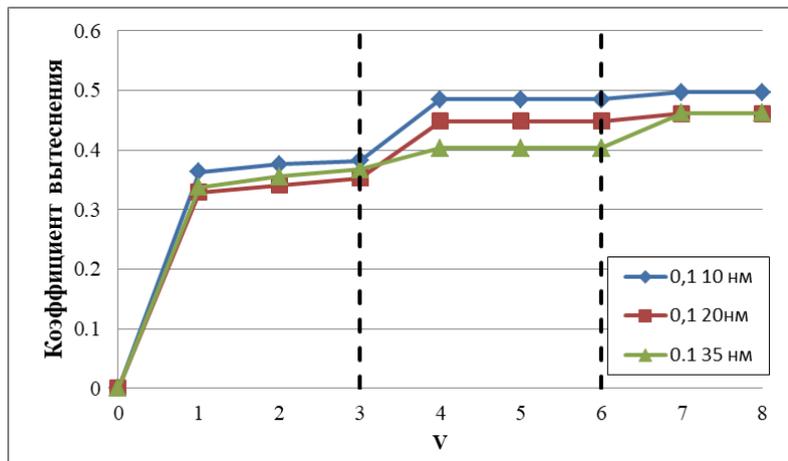


Зависимость $K_{\text{филт}}$ от объема прокачиваемой жидкости для разных суспензий с концентрацией 0,25 мас. %.

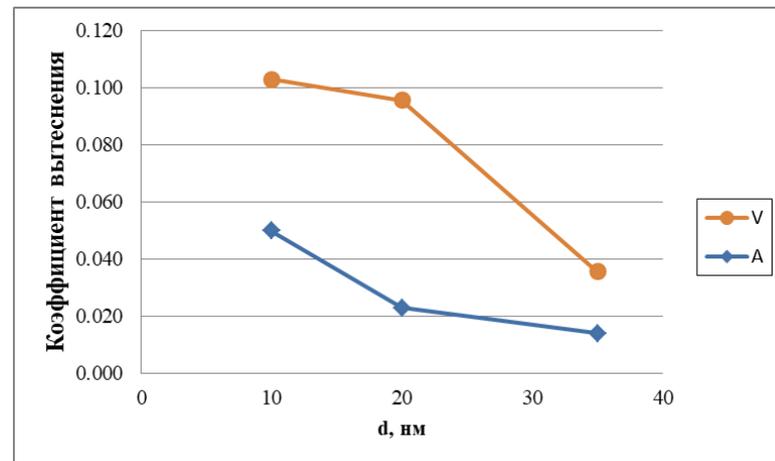


Зависимость $K_{\text{филт}}$ от размера наночастиц при разной концентрации.

Результаты фильтрационных испытаний по довытеснению наносuspензиями

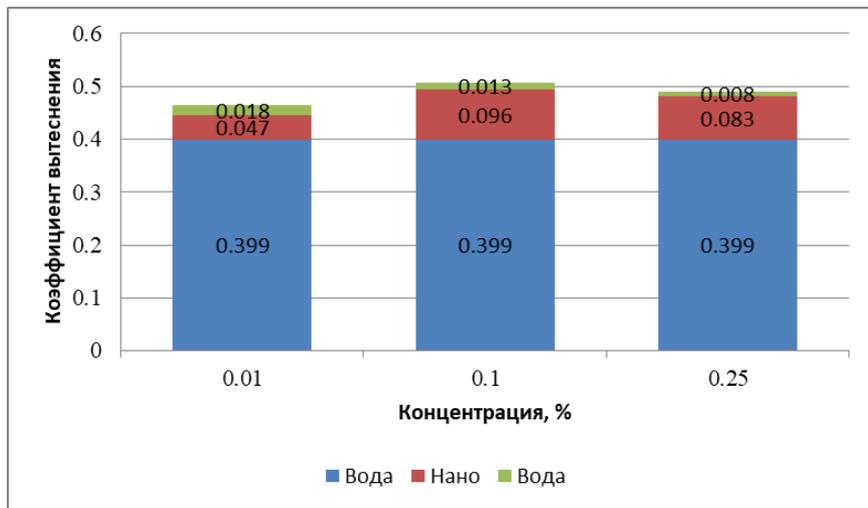


Зависимость коэффициента вытеснения нефти от размера наночастиц и объема прокачанной жидкости

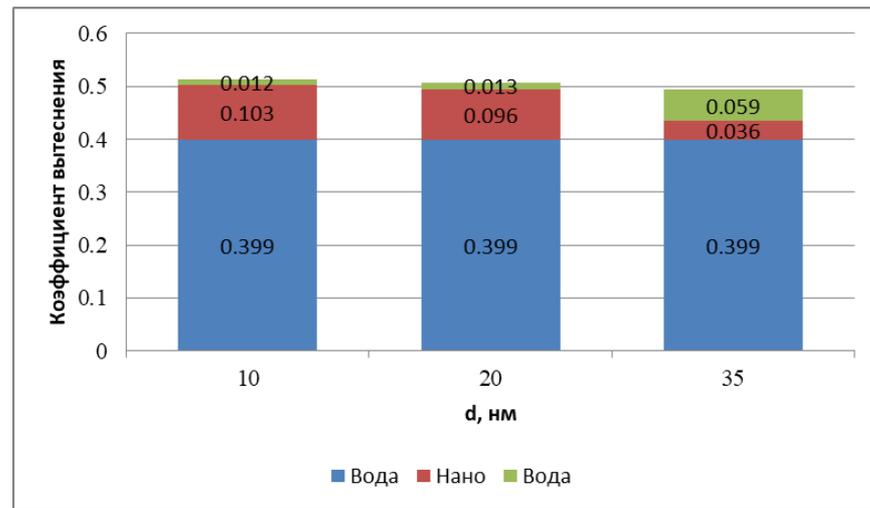


Зависимость коэффициента вытеснения нефти от размера наночастиц

Результаты фильтрационных испытаний по довытеснению наносuspензиями



Гистограмма коэффициента вытеснения нефти от концентрации наночастиц 20 нм



Гистограмма коэффициента вытеснения нефти от размера наночастиц

ВЫВОДЫ

Проведено систематическое исследование свойств наносuspензий и наноэмульсий.

Показано, что добавка наночастиц в жидкости для заводнения может значительно менять их рабочие характеристики уже при незначительных концентрациях.

Показано, что добавка наночастиц приводит к значительному уменьшению краевого угла смачивания (в два раза для наносuspензий размером 5-11 нм, при концентрации 0,5 мас.%) и межфазного натяжения (снижение на 5 %), тем самым способствует лучшему вымыванию капиллярно удержанной нефти из пласта и увеличению Квыт при заводнении.

Результаты экспериментов показали, что добавка наночастиц позволяет увеличить коэффициент вытеснения нефти на 15% при фильтрации наносuspензий через керн, и на 10% при довытеснении нефти из образцов керна.

Это открывает широкую перспективу применения наночастиц в задачах разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

Требуется дальнейшее **систематическое** исследование применения нанофлюидов в задачах увеличения нефтеотдачи и слово систематическое выдели жирным

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (FSRZ-2020-0012).



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

«Сибирский федеральный университет»



Жигарев Владимир Алексеевич



+7 (923) 576 6164



VZhigarev@sfu-kras.ru

