



**ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ
ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ НЕФТЯНЫХ ПЛАСТОВ:**

**ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
СОВМЕСТНО С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ
ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВАНА НА КОМБИНИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ, НАПРИМЕР, КИСЛОТНЫЕ ОБРАБОТКИ

Сегодня наиболее развитыми в теоретическом и аппаратурно-технологическом аспектах, особенно при воздействии на пласт и призабойную зону пласта из скважин, являются методы *акустического воздействия*, использующие *ультразвуковое* или *ударно-волновое поле* для повышения продуктивности пласта, являющиеся сонокатализаторами в процессе совместной обработки.

Химический реагент + физическое воздействие = синергетический эффект: увеличение эффективности обработки.

ПРЕИМУЩЕСТВА КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Повышение эффективности воздействия при обработке скважины за счёт уменьшения поверхностного натяжения на границе «нефть-вода» и «нефть-порода»;
- Повышение эффективности химической обработки за счет акустического воздействия;
- Увеличение зоны обработки за счёт подключения низкопроницаемых пропластков;
- Контролируемая активация химических процессов в зоне акустического воздействия;
- Улучшения фильтрационных свойств породы путем очистки пристволенной зоны пласта и повышение нефтеизвлечения в сложных геолого-физических условиях эксплуатации объектов, обуславливающих повышенную кольтматацию и резкое снижение фильтрационно-емкостных свойств ПЗП, а также в выработке трудно извлекаемых запасов.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- Мощность прибора в скважине – 4 кВт;
- Спуск прибора в скважину осуществляется на геофизическом кабеле в НКТ;
- Возможность поинтервальной обработки пласта;
- Управление параметрами работы ультразвукового снаряда (мощность, частота);

ПРОМЫСЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



- Диаметр акустического излучателя – 51 мм
- Длина излучателя – до 2,5 м
- Мощность прибора в скважине – 4 кВт
- Оборудование оснащено системой удаленного компьютерного управления



ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ЛАБОРАТОРНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
ГЕНЕРАТОР TS4M1
в комплекте с испытательным макетом
линейной модели пласта Н-1



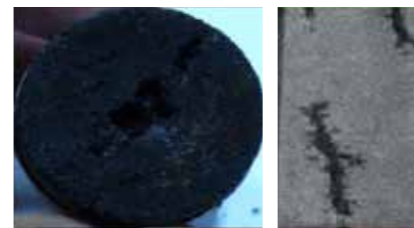
- Длина модели пласта - 44 см
- Диаметр модели пласта – 32 мм
- Лабораторным ультразвуковым генератором TS4M1: - частота 24 кгц, максимальная мощность 700 Вт

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

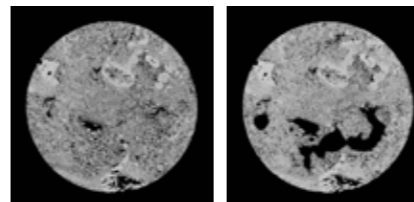
(пример совместного применения ультразвука и кислотной композиции для интенсификации притока нефти)

ФОТО И КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАММА ОБРАЗЦА КЕРНА КАРБОНАТНОЙ ПОРОДЫ:

После обработки
HCL 15 %



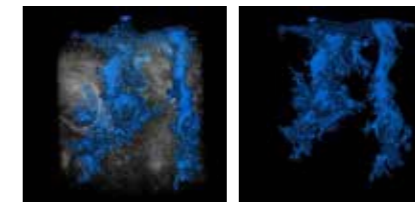
Рентгенплотностной снимок в проекции
ХУ образца керна до (слева) и после
(справа) фильтрации кислотного состава
марки СНПХ совместно с УЗ



После обработки HCL 15% с
многофункциональной присадкой
СНПХ-8903А



Визуализация червоточин в образце
керна, образовавшихся после
фильтрации кислотного состава марки
СНПХ совместно с УЗ



*Соляная кислота
(15%) проникает
только в наиболее
высокопроницаемые
зоны породы, быстро
нейтрализуется*

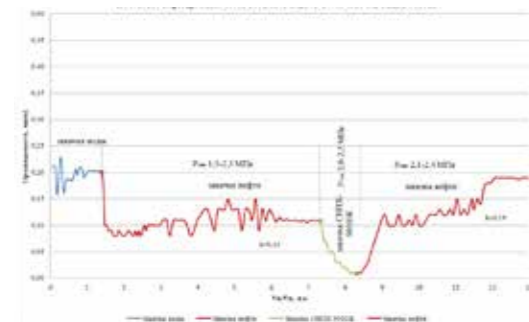
*Кислотная композиция мар-
ки СНПХ и соляная кислота
(15%) модифицированная
присадкой СНПХ-8903А
равномерно проникает в
высоко- и низкопроницае-
мые зоны породы пласта и
тем самым обеспечивает
увеличение глубины и охвата
пласта кислотным воздей-
ствием.*

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

по определению изменения проницаемости линейной насыпной модели пласта по нефти до и после обработки кислотным составом марки СНПХ с ультразвуковым воздействием и без него

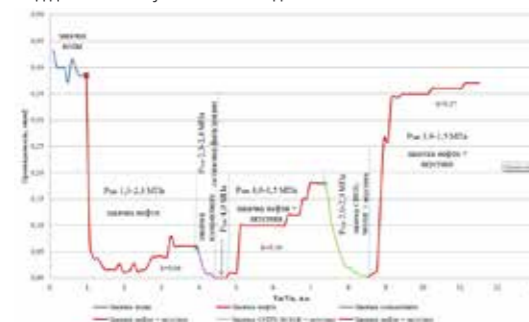
Модель 1

Изменение нефтепроницаемости насыпной модели после закачки СНПХ-9010Ж



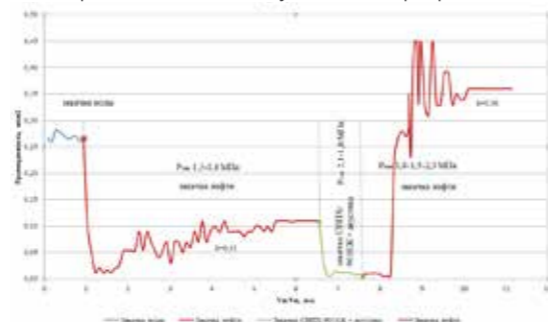
Модель 3

Разблокировка закольцованного пласта под действием акустического воздействия



Модель 2

Изменение нефтепроницаемости насыпной модели после обработки СНПХ-9010Ж с акустическим генератором



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ

Показатель	Значение
Вязкость нефти, сПз	15,01
Плотность нефти, кг/м ³	888
Вязкость попутно-добываемой воды, сПз	1,08
Плотность попутно-добываемой воды, кг/м ³	1150
Совместимость пластовой нефти с композицией СНПХ-9010Ж марки Б	Совместима, остаток на сите 100 меш отсутствует
Совместимость пластовой воды с композицией СНПХ-9010Ж марки Б	Совместима, при смешении осадка и помутнения раствора не наблюдается

СВОДНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

№ модели	1	2	3
Реагент	СНПХ-9010Ж	СНПХ-9010Ж + акустика	СНПХ-9010Ж + акустика + кольматант*
Длина модели, см	50	44	44
Абсолютная проницаемость, мкм ²	0,47	0,50	0,84
Поровый объем, мл	107,7	106	101,7
Проницаемость по воде, мкм ²	0,20	0,27	0,40
Проницаемость по нефти (начальная), мкм ²	0,10	0,11	0,06/0,16**
Объем закачанного реагента, мл	108	106	50 (кольматант) / 102 (реагент)
Проницаемость по реагенту, мкм ²	0,01	0,01	СТОП / 0,03**
Проницаемость по нефти (конечная), мкм ²	0,19	0,36	0,37**
ккон./кнач.	1,9	3,3	2,3

- 1 Кислотный состав. Увеличение проницаемости модели пласта по нефти **в 1,9 раза.**
- 2 Кислотный состав совместно с ультразвуковым воздействием. Увеличение проницаемости по нефти **в 3,3 раза.**
- 3 Кислотное и ультразвуковое воздействие способствует расколматации пористой среды и повышению проницаемости по нефти **в 2 раза по сравнению с обработкой кислотной композицией.**

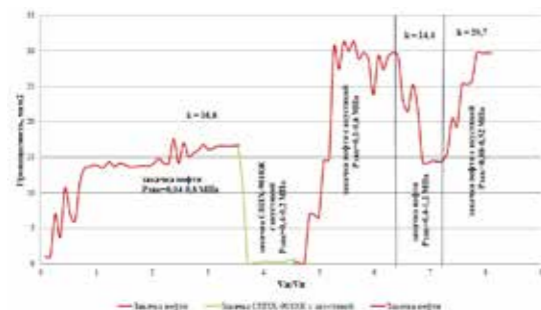
*кольматирующий агент (10% глинистый раствор в пластовой воде), до затухания фильтрации; СТОП-подъем давления с 2,3МПа до 4,0 МПа фильтрация отсутствовала; **совместно с акустическим воздействием.

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

по определению изменения проницаемости линейной насыпной модели пласта по высоковязкой нефти до и после обработки кислотным составом марки СНПХ с ультразвуковым воздействием

Модель 4

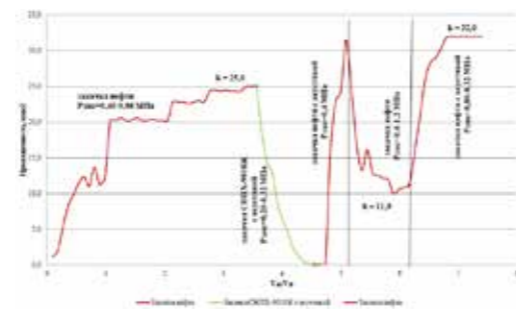
Изменение проницаемости модели пласта по высоковязкой нефти под воздействием СНПХ-9010Ж с акустикой



Показатель	Значение
Вязкость нефти, сПз	255
Плотность нефти, кг/м³	946
Плотность попутно-добываемой воды, кг/м³	1155
Совместимость пластовой нефти с композицией СНПХ-9010Ж марки Б	Совместима, остаток на сите 100 меш отсутствует
Совместимость пластовой воды с композицией СНПХ-9010Ж марки Б	Совместима, при смешении осадка и помутнения раствора не наблюдается

Модель 5

Изменение проницаемости модели пласта по высоковязкой нефти под воздействием СНПХ-9010Ж с акустикой



Показатель	Значение
Вязкость нефти, сПз	172
Плотность нефти, кг/м³	925
Плотность попутно-добываемой воды, кг/м³	1140
Совместимость пластовой нефти с композицией СНПХ-9010Ж марки Б	Совместима, остаток на сите 100 меш отсутствует
Совместимость пластовой воды с композицией СНПХ-9010Ж марки Б	Совместима, при смешении осадка и помутнения раствора не наблюдается

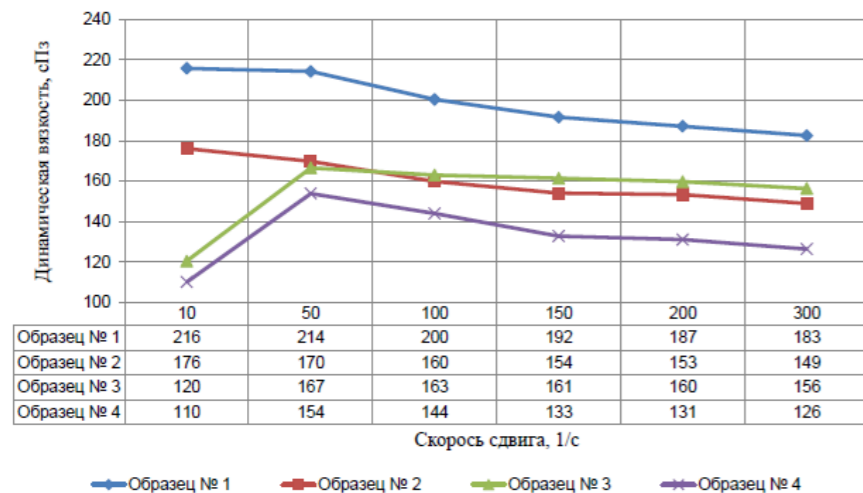
СВОДНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

№ модели	4	5
Реагент	СНПХ-9010Ж + акустика	СНПХ-9010Ж + акустика
Вязкость нефти, сПз	255	172
Длина модели, см	44	44
Поровый объем, мл	113	112
Проницаемость по нефти (начальная), мкм²	16,6	25,0
Объем закачанного реагента, мл	115	110
Проницаемость по реагенту, мкм²	0,3*	0,15*
Проницаемость по нефти (конечная), мкм²	29,7*	32,0*
ккон./кнач.	1,8	1,3

*совместно с акустическим воздействием

ПОВЫШЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПО ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ (172 -255 СПЗ) В 1,3 -1,8 РАЗА

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЯЗКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕФТИ



**СНИЖЕНИЕ ВЯЗКОСТИ НЕФТИ НА 20-30%
ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА**

- 1 ОБРАЗЕЦ №1
исходная нефть.
- 2 ОБРАЗЕЦ №2
нефть после ультразвуковой
обработки в течение 15 мин.
- 3 ОБРАЗЕЦ №3
нефть образца 2 через 3
суток хранения в статических
условиях.
- 4 ОБРАЗЕЦ №4
нефть после ультразвуковой
обработки в течение 15 мин
под давлением 8 атм.

ВЫВОДЫ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

- Лабораторные исследования показали, что совместная технология кислотного воздействия с ультразвуковой обработкой позволяет повысить проницаемость по нефти в 3,3 раза, а без ультразвукового воздействия повышает проницаемость модели по нефти в 1,9 раза.
- Показано, что использование ультразвукового воздействия при кислотной обработке способствует раскольматации пористой среды от глинистой суспензии и приводит к повышению проницаемости по нефти в 2,3 раза по сравнению к исходной.
- Определено, что ультразвуковое воздействие повышает скорость закачки кислотного состава в модель пласта: так при закачке кислотной композиции средний расход жидкости составил 0,9 мл/мин при давлении 2,0-2,5 МПа (модель 1); тогда как расход реагента при ультразвуковом воздействии при давлении 1,8-2,1 МПа - 1,4 мл/мин (модель 2).
- На основе стандартных методов и методов рентгеновской компьютерной томографии до и после воздействия кислотной композиции марки СНПХ определено:
 - повышение проницаемости по нефти в 25 -100 раз;
 - увеличение доли пор и пустот размерами более 34 мкм в объеме образца в результате прокачки кислотного состава с 3,08 % до 6,48 %.
- При закачке кислотной композиции в режиме ультразвукового воздействия отмечается повышение проницаемости по высоковязкой нефти (172 -255 сПз) в 1,3 -1,8 раза.
- Снижение вязкости нефти на 20-30% после воздействия ультразвука.

Проведенные лабораторные исследования показали перспективность комплексной технологии химического воздействия кислотными составами совместно с ультразвуковой обработкой на продуктивные коллектора с целью повышения эффективности работ на добывающих скважинах.

ПРОМЫСЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

освоение скважин после бурения, дострела пласта

В 2019 г. были проведены опытно-промышленные испытания по технологии **химической обработки совместно с ультразвуковым воздействием** (закачка кислотного состава и обработка ультразвуком) на 2 скважинах верейского горизонта (C2ver).

СКВАЖИНА № 5213 СТАРО-КАДЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.


Освоение при переводе на C2ver.

- Достигнут плановый показатель дебита на 100%.
- Сокращение времени работ при освоении скважины с 2-3 суток до 10 часов

СКВАЖИНА № 5273 СТАРО-КАДЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

Интенсификация притока.

- Повышение исходного дебита скважины на 80-100%

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
АО «ГРНИ»

Проф. Р. В.
2019 г.

Акт

о проведении работ по технологии химической обработки совместно с ультразвуковым воздействием на скважине № 5213 Старо-Кадеевского месторождения

Общие сведения о скважине:

Категория скважины: эксплуатационная. Эстабл. гор-т: C1ne. Перевод на C2ver.
324 мм нагнетание (9,5 м); 40в Нв- до устья; 245 мм клапатор (7,9 м); 320 мм НИ- до устья;
168 мм клапан (7,3 м); 1276 мм Нв- до устья. Искусственный забой-1286 м. Текущий забой-
1294. Открытый ствол 1275,4-1294.

Перевод на C2ver.
Установка цементного моста (1024,0 м – головка моста).
Перфорация в отв. 992,6-993,6 (1x10), 996,6-997,6 (1x10), 1002,0-1004,0 (2x10)

Состояние скважины перед обработкой:
Работы проводились 19.02.2019 г.
По ГК, ЛМ провели приток. Ствол скважины заполнен нефтью. НКТ 73 мм с верховой 2,5
скважины на глубину 988,7 м. Павер ПР-ЯМО-142-60 установлен на глубину 978,5 м.

Определили проницаемость скважины: 1 –ый режим работы агрегата 0 м³/сут при 60 атм.
(700 объема, 0 115 мм). Проницаемость отсутствует.

Проведение работ:

При открытой заглубленной задачке двигателя 1,1 м³ НС 14% до пласта, провели посадку павера на
978,5 м, монтаж ГИС. Спуск УЗ прибора в ИП 992,6-993,6 м. Закачка 2,9 м³ НС 14% в режиме
УЗВ с ожидаемым падением давления в течение 60 мин., давление вытеснения 50 атм, падение
давления за 10 мин до 20 атм. Перевод УЗ в ИП 996,6-997,6 м., закачка НС 14% в режиме
УЗВ, давление вытеснения 40 атм, Продвижение нефти объемом 4 м³ в режиме УЗВ (давление
вытеснения 40-45 атм).

Определили интенсивность проницаемости на нефти: 2 –ый режим работы агрегата 700 м³/сут
при 45 атм. (1000 объема, 0 125 мм).

Провели ультразвуковую обработку пласта в интервалах перфорации:
992,6-993,6- 2 часа, с 16⁰⁰ до 18⁰⁰ часов;
996,6-997,6- 2 часа, с 18⁰⁰ до 0⁰⁰ часов;
1002-1004- 2 часа, с 20⁰⁰ до 23⁰⁰ часов.

После проведенных работ провели подъем сонакаталогатора. Сорвали павер, провели подъем
НКТ 73 мм с верховой 2,5. Спуск веревки 2^я на тик НКТ 2,5^я по СВАС.

Скважинами. Спуск насоса УВШН 1,3-1800 на гл. 995 м.

Режим работы скважины после обработки

	01.04.19	05.04.19	30.04.19	11.04.19
Q _н , м ³ /сут	1,1	1,1	0,9	0,9
Q _в , м ³ /сут	1,2	1,2	1,1	1,0
обвод., %	10	10	16	10
Р _н , Р _в , атм	45/31	45/29	45/29	45/28
Н _с , Н _в , м	530/590	530/620	530/624	530/634

Продуктивные отложения верейского горизонта (C2ver) Старо-Кадеевского месторождения относятся к трудноизвлекаемым и трудноосвоемым стандартными кислотными металлами ОИЗ.

Время освоения скважины № 5213 скважины скважины в режиме ультразвукового воздействия, включая подготовительные работы (приток) по ГК, ЛМ, спуск насоса УЗ оборудования) и приток нефти в пласт, составило 10 часов. Дебит скважины после освоения составил 1,0 м³/сут. Время, освоение скважины верейского горизонта Старо-Кадеевского месторождения аналогично по геолого-физическим характеристикам скважины № 5213 составляет несколько суток, при этом на этапе освоения не удается получить ожидаемый дебит.

Таким образом, технология комплексного освоения скважины в режиме ультразвукового воздействия показала достаточно высокую эффективность и успешность по сравнению с освоением обычной скважины кислотой.

Начальник отдела геологии и
разработки АО «ГРНИ»



Авербов А.А.

ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРОМЫСЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

ПОКАЗАЛИ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ЗА СЧЕТ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- 1 Увеличение зоны обработки и подключение в разработку новых пропластков;
- 2 Повышение проницаемости пласта по нефти;
- 3 Расколматация пористой среды в призабойной зоне;х.
- 4 Увеличения скорости закачки хим. реагента;
- 5 Сокращение времени работ при освоении низкопроницаемых, закольматированных, трудноизвлекаемым продуктивных пластов.

ПУБЛИКАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ
«НЕФТЬ. ГАЗ. НОВАЦИЯ», 2019, № 1





НИИНЕФТЕПРОМХИМ

420061, Россия, г. Казань,
ул. Н. Ершова, д. 29
тел.: 8 (843) 212 24 24

www.neftpx.ru