

АППАРАТ РАИСА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
ФГБУ «РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК»  
ГНБУ «АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»  
ПАО «ТАТНЕФТЬ» ИМ. В. Д. ШАШИНА  
МВЦ «КАЗАНЬ-ЭКСПО»

Международная  
научно-практическая конференция

# «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ РОССИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ»

*ПОСВЯЩЕННАЯ 80-ЛЕТИЮ НЕФТЕДОБЫЧИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН  
И 75-ЛЕТИЮ ОТКРЫТИЯ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ*

31 АВГУСТА – 1 СЕНТЯБРЯ 2023 ГОДА (AUGUST 31 – SEPTEMBER 1, 2023)

Материалы Международной  
научно-практической конференции



Казань  
Издательство «Астор и Я»  
2023

Научные редакторы:

**Р.Х. Муслимов** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик АН РТ  
**Р.Н. Минниханов** – доктор технических наук, профессор, академик АН РТ, президент АН РТ

Редакционная коллегия:

**Н.У. Маганов** – заслуженный нефтяник Республики Татарстан  
**Г.И. Шмаль** – кандидат технических наук  
**Р.С. Хисамов** – доктор геолого-минералогических наук, академик АН РТ  
**Д.К. Нургалиев** – доктор геолого-минералогических наук  
**В.А. Крюков** – доктор экономических наук, академик РАН  
**А.Э. Конторович** – доктор геолого-минералогических наук, академик РАН  
**Т.В. Гилязова** – заслуженный геолог Республики Татарстан

Рецензенты:

**И.Н. Плотникова** – доктор геолого-минералогических наук

Техническое редактирование:

**Г.В. Стинский** – кандидат технических наук

П26 **Перспективы развития нефтегазовых компаний России в современных условиях:** Материалы Международной научно-практической конференции – Казань: Изд-во «Астор и Я», 2023. – 452 с.

Сборник включает материалы докладов Международной научно-практической конференции «Перспективы развития нефтегазовых компаний России в современных условиях», посвященной 80-летию нефтедобычи в Республике Татарстан и 75-летию открытия Ромашкинского месторождения, проводимой в Казани с 31 августа по 01 сентября 2023 г.

В сборнике отражены актуальные направления развития нефтегазовой отрасли в условиях санкционного давления, новых вызовов, экономических условий и меняющейся структуры запасов углеводородного сырья. Рассмотрены вопросы математического моделирования нефтегазовых месторождений и их разработки, технологии освоения остаточных запасов, инновационные подходы к решению задач геологоразведки, а также широкий спектр проблем и технологических решений в области освоения запасов углеводородного сырья. Россия располагает огромными углеводородными ресурсами на континенте и морских территориях. В новых условиях необходимо дать технико-экономическую оценку ресурсам и запасам углеводородов, на основе которых определить приоритетные направления поисково-разведочных работ, освоение новых объектов, а также приоритеты добычи нефти в старых нефтедобывающих районах.

Сборник представляет интерес для специалистов разных направлений нефтегазовой отрасли. Он предназначен для широкого круга читателей – работникам научно-исследовательских институтов, представителям профильных организаций, специалистам-нефтяникам и газовикам, а также преподавателям, аспирантам, студентам высших и средних учебных заведений, связанных с нефтегазовой и нефтехимической промышленностью.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УДАЛЕНИЮ ОТЛОЖЕНИЙ НЕРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ БАРИЯ АКУСТИКО-ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

И.А. Гамилов, Е.Н. Зайков, Д.В. Краснов, Р.А. Былинкин, А.А. Газизова

АО «НИИнефтепромхим», г. Казань, info@neftpx.ru

Проблема солеотложения на большинстве активно разрабатываемых нефтяных месторождений в последние годы получила особую актуальность в связи с ростом объемов добываемой пластовой жидкости и увеличением обводнённости добываемой продукции [1]. Солеобразование является одной из причин уменьшения межремонтного периода скважин, так как происходит кристаллообразование в призабойной зоне пласта на обсадной и эксплуатационной колоннах НКТ, засоряя, таким образом, скважину и препятствуя потоку жидкости.

Солевые образования могут формироваться путём прямого осаждения из пластовой воды, в результате контакта (смешения) двух несовместимых вод на забое скважин. Авторами [2] установлено, что кристаллизация солей зависит от термобарических условий и химического состава раствора. С понижением температуры и давления снижается растворимость сульфатных солей, например барита и гипса, и происходит их выпадение

В данной работе представлены результаты лабораторных исследований по оценке растворяющей способности растворителя СНПХ-54R на закольматированную сульфатом бария модель пласта с акустическим (ультразвуковым) воздействием без него [3]. Основным методом оценки эффективности растворителя в технологии принималось изменение проницаемости модели пласта по воде до и после воздействия реагента.

### Оборудование и материалы для проведения фильтрационных исследований

Фильтрационные испытания проводились на установке испытания проницаемости кернов УИПК-1М. Для оценки влияния акустического (ультразвукового) воздействия использовался лабораторный ультразвуковой генератор TS4M1 в комплекте с испытательным макетом линейной модели пласта Н-1 (рис. 1). Длина модели составляла 44 см с диаметром 3,2 см.

Для испытаний на насыпных моделях низкопроницаемого пласта использовали молотый кварцевый песок, воду с минерализацией 50 г/л, растворы солей хлорида бария и сульфата натрия, взятые в стехиометрических количествах, для получения осадка сульфата бария и растворитель солеотложений СНПХ-54R.



Рис. 1. Лабораторный ультразвуковой генератор TS4M1 в комплекте с испытательным макетом линейной модели пласта Н-1.

Всего было проведено шесть исследований в трех вариантах:

1. Закачка растворителя СНПХ-54R в модель пласта, закольматированную сульфатом бария, в количестве 2 испытаний (модель № 1 и 2).
2. Закачка растворителя СНПХ-54R в модель пласта, закольматированную сульфатом бария, в режиме ультразвукового воздействия в количестве 3 испытаний (модель № 3, 4 и 5).
3. Безреагентная обработка модели пласта, закольматированную сульфатом бария, в режиме ультразвукового воздействия (УВ) в количестве 1 испытания (модель № 6).

### Лабораторные испытания

Для создания модели пласта использовали молотый кварцевый песок. Набивку модели производили путём равномерной засыпки молотого кварцевого песка с последующим уплотнением. После набивки металлической модели определяли её коэффициент проницаемости по воздуху. Затем через модель прокачивали минерализованную воду до стабилизации скорости фильтрации, после чего определяли проницаемость модели по воде. Определение проницаемости по газу и воде при стационарной фильтрации осуществляли согласно ГОСТ 26450.2-85 и ОСТ 39-235-89 [4, 5]. Далее в водонасыщенную модель пласта на установке УИПК-1М закачивали раствор с осадком сульфата бария, полученного путём смешения солей хлорида бария и сульфата натрия до затухания (остановки) фильтрации. Модель оставляли на выдержку 1 сутки. После выдержки закольматированную водонасыщенную модель разворачивали

на 180° и производили закачку растворителя СНПХ-54R (модели № 1 и 2), или закачку растворителя СНПХ-54R в режиме УВ модели (№ 3, 4 и 5).

**Модель № 1 и 2.** Закачку растворителя СНПХ-54R в количестве одного порового объёма (1 п.о.) проводили на установке УИПК-1М при давлении 0,7-0,3 МПа и среднем расходе жидкости 4,0-3,3 мл/мин. Проницаемость по реагенту составила 0,10 мкм<sup>2</sup> для модели № 1 и 0,07 мкм<sup>2</sup> для модели № 2. Затем модель разворачивали на 180° и закачивали воду до стабилизации давления. По окончании закачки первого порового объёма воды давление стабилизировалось на 0,2-0,3 МПа при среднем расходе жидкости 5-6,7 мл/мин. Конечная проницаемость насыпных моделей пласта по воде составила: 0,22 мкм<sup>2</sup> – модель № 1 и 0,19 мкм<sup>2</sup> – модель № 2.

Изменение водопроницаемости моделей № 1 и 2 в процессе эксперимента приведено на рис. 2.

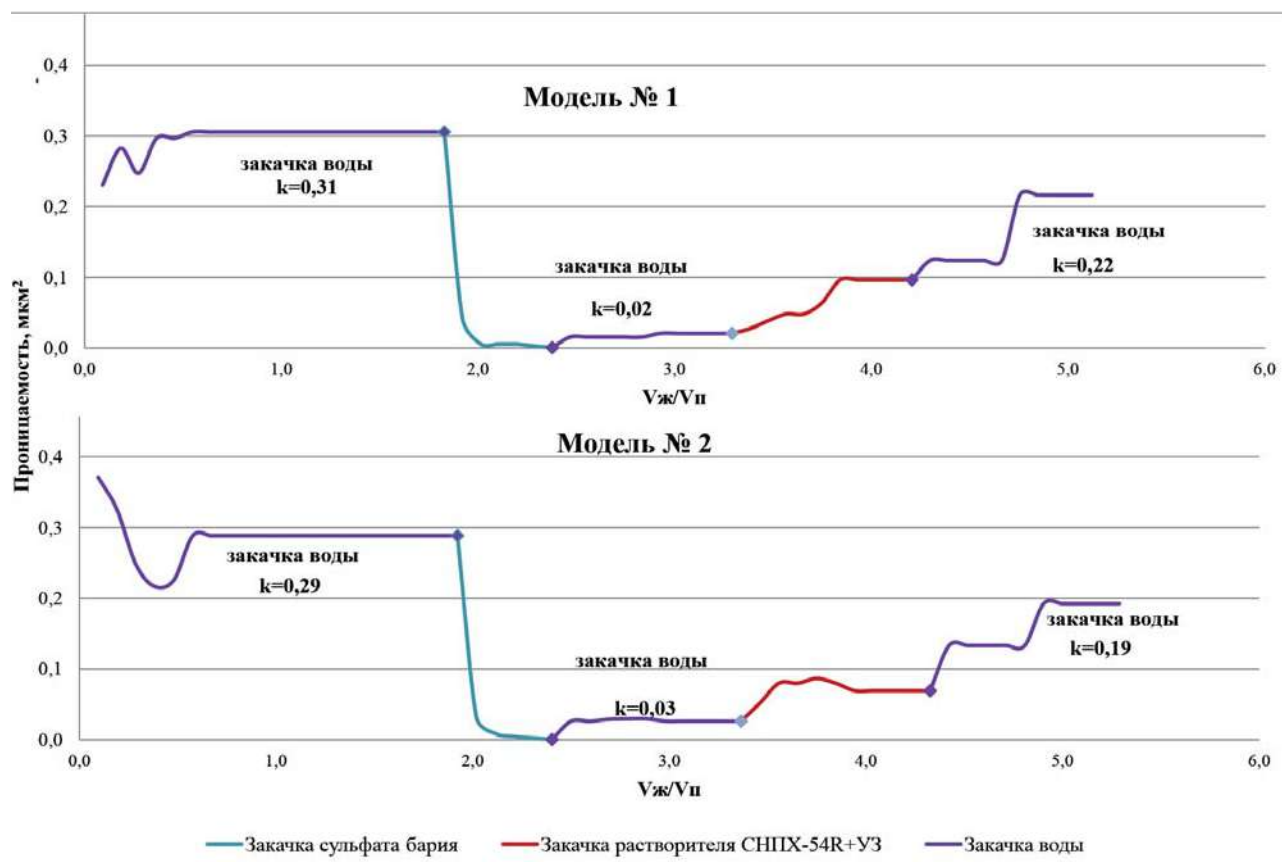


Рис. 2. Изменение водопроницаемости моделей № 1 и 2.

**Модели № 3, 4 и 5.** Закачку растворителя СНПХ-54R (1 п.о.) в закольматированные сульфатом бария модели пласта проводили на установке УИПК-1М с УВ (частота 21 кГц, мощность 1 кВт) при давлении от 0,05 до 0,2 МПа и среднем расходе жидкости ~3,0 мл/мин. Проницаемость модели пласта по реагенту при УВ составила от 0,17 до 0,31 мкм<sup>2</sup>. Затем модель (ли) разворачивали на 180° и закачивали воду, без воздействия ультразвука, до стабилизации давления. По окончании закачки первого порового объёма воды давление стабилизировалось на 0,1-0,2 МПа при среднем расходе жидкости ~4,0 мл/мин. Конечная проницаемость насыпных моделей пласта по воде составила: 0,32 мкм<sup>2</sup> – модель 3; 0,29 мкм<sup>2</sup> – модель 4; 0,22 мкм<sup>2</sup> – модель 5.

Изменение водопроницаемости моделей № 3, 4 и 5 в процессе эксперимента приведено на рис. 3.

**Модель № 6.** При УВ (частота 21 кГц, мощность 1 кВт) на установке УИПК-1М проводилась фильтрация воды в модель пласта при давлении 1,6 МПа и среднем расходе жидкости 5 мл/мин. Отмечено, что после прокачки 1 п.о. воды при отключённом ультразвуковом генераторе давление закачки практически не изменилось, составило 1,5 МПа, а расход жидкости снизился до 4,3 мл/мин. Конечная проницаемость модели пласта после УВ составила 0,03 мкм<sup>2</sup>, снижение проницаемости в 9,7 раза, эффективность восстановления проницаемости по воде от УВ составила 10,3%. Изменение проницаемости модели № 6 в процессе эксперимента приведено на рис. 4.

Результаты проведённых исследований по эффективности восстановления проницаемости модели пласта от отложений сульфата бария растворителем СНПХ-54R с УВ и без него представлены в табл. 1.

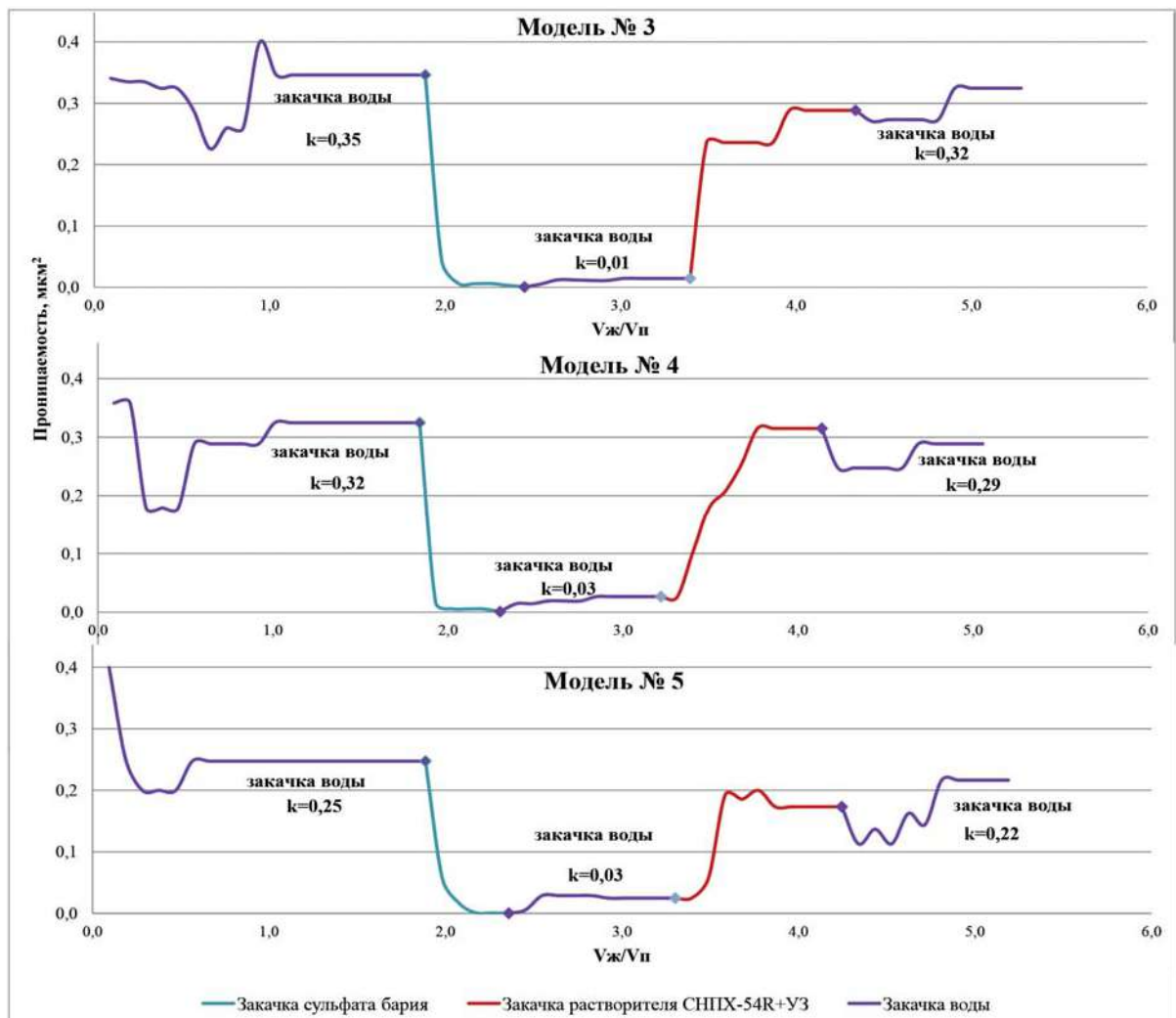


Рис. 3. Изменение водопроницаемости моделей № 3, 4 и 5.

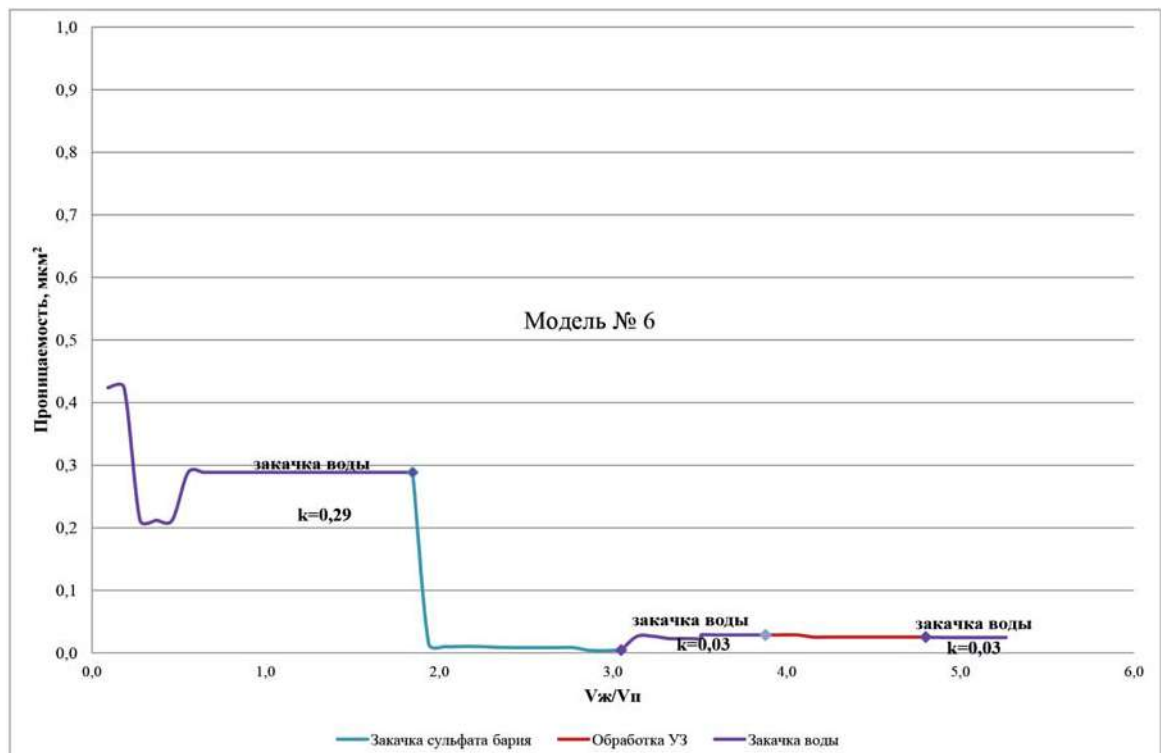


Рис. 4. Изменение водопроницаемости модели № 6.

Сводные результаты проведённых исследований по растворению сульфата бария растворителем СНПХ-R54, в том числе с ультразвуковым воздействием, на насыпных моделях

№ модели	Вид воздействия	Поровый объём, мл	Проницаемость по воде ( $k_1$ начальная), мкм <sup>2</sup>	Проницаемость по раствору с осадком сульфата бария, мкм <sup>2</sup>	Проницаемость по воде, мкм <sup>2</sup>	Проницаемость по растворителю, мкм <sup>2</sup>	Проницаемость по воде ( $k_2$ конечная), мкм <sup>2</sup>	Снижение проницаемости ( $k_1/k_2$ )	Эффективность восстановления, %
1	СНПХ-54R	109	0,31	0,004	0,02	0,10	0,22	1,4	70,97
2	СНПХ-54R	104	0,29	0,004	0,03	0,07	0,19	1,5	65,52
3	СНПХ-54R+УВ	106	0,35	0,004	0,01	0,27	0,32	1,1	91,43
4	СНПХ-54R+УВ	108	0,32	0,004	0,03	0,31	0,29	1,2	90,63
5	СНПХ-54R+УВ	106	0,25	0,005	0,03	0,17	0,22	1,1	88,00
6	УВ	108	0,29	0,004	0,03	0,02 (по воде)	0,03	9,7	10,34

### Выводы

Фильтрационные испытания по оценке изменения проницаемости закольматированной сульфатом бария линейной низкопроницаемой насыпной модели пласта показали следующее:

1. Растворитель солеотложений СНПХ-54R (реагентная обработка) восстанавливает проницаемость модели пласта (по результатам двух испытаний) от 65 до 71%.

2. Эффективность восстановления проницаемости модели пласта при совместном использовании растворителя сульфата бария СНПХ-54R с ультразвуковым воздействием (по результатам трёх испытаний) составляет от 88 до 91%.

3. Эффективность восстановления проницаемости модели пласта при ультразвуковом воздействии закольматированного пласта находится в пределах 10%.

4. На основании проведённых испытаний можно заключить об эффективности растворителя отложений сульфата бария СНПХ-54R. Совместное использование растворителя с ультразвуковой обработкой позволяет повысить эффективность метода на ~20%. Безреагентная обработка ультразвуковым воздействием закольматированного сульфатом бария пласта мало эффективна.

### Литература

1. Пучина Р., Рагулин В.В., Телин А.Г., Алимбекова С.Р., Бахтизин Р.Н., Волошин А.И., Докичев В. А. Современная практика предупреждения и удаления солеотложений // Нефтегазовое Дело. – Том 18. – № 2 (2020).
2. Кашавцев В.Е., Мищенко И.Т. Солеобразования при добыче нефти. – М.: Орбита, 2004. 432 с.
3. Былинкин Р.А., Краснов Д.В., Вердеревский Ю.Л., Чаганов М.С., Григорьева Н.П., Магдеев Э.Р., Абрамова А.В., Никонов Р.В., Новиков В.В., Хабибуллин Р.А., Петров Г.А., Марунин Д.А. Влияние кислотных составов марки СНПХ совместно с сонокатализатором на проницаемость моделей пласта по нефти. Нефть. Газ. Новации. – 2019. – № 1. – С. 6–9.
4. ГОСТ 26450.2-85 «Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации».
5. ОСТ 39-235-89 «Нефть. Метод определения фазовых проницаемостей в лабораторных условиях при совместной стационарной фильтрации».