

**Тулемисова Самал Серікқызы\*<sup>1</sup>**

Магистр технических наук, старший преподаватель, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет. г.Уральск. Казахстан. e-mail: [samaltulemisova35@gmail.com](mailto:samaltulemisova35@gmail.com). <https://orcid.org/0009-0003-1324-0388>

**Кадиралиев Абылай Кабибуллаевич<sup>2</sup>**

магистр технических наук, старший преподаватель, Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет. г.Уральск. Казахстан. e-mail: [abylai91@mail.ru](mailto:abylai91@mail.ru). <https://orcid.org/0009-0004-1221-2366>

**ПРИМЕНЕНИЕ СОЛЯНО-КИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНЫХ ЗОН СКВАЖИН**

**Аннотация.** Одной из приоритетных задач разработки нефтяных месторождений является достижение максимального извлечения нефти из недр земли. Это требует повышения конечного коэффициента извлечения и ускорения процесса добычи. Внедрение технологий интенсификации нефтедобычи стало важным инструментом для достижения этих целей. Особенно актуально применение методов воздействия на призабойную зону скважин. Это связано с тем, что при бурении часто возникают проблемы вскрытия продуктивных пластов, особенно если пласт характеризуется низкой проницаемостью и низким пластовым давлением. Чем меньше снижается проницаемость призабойной зоны во время бурения, тем реже возникает необходимость её дополнительной обработки. Однако в случаях ухудшения условий проницаемости широко применяются методы кислотной обработки, где основным реагентом является соляная кислота (HCl). Этот метод особенно эффективен в карбонатных коллекторах, где растворение карбонатных пород с помощью соляной кислоты значительно улучшает проницаемость и продуктивность скважин. Рассматриваются методы подготовки растворов кислот, использование ингибиторов коррозии и правила применения смесей соляной и плавиковой кислот. Особое внимание уделено обработке терригенных пород с низким содержанием карбонатов, где эффективна глинокислота для удаления глинистых корок и повышения проницаемости. Приведены критерии выбора объемов кислот для различных типов коллекторов и рекомендации по предотвращению образования нерастворимых осадков.

**Ключевые слова:** призабойная зона пласта, соляно-кислотная обработка, терригенные и карбонатные коллекторы, фтористоводородная кислота, глинокислота, глинистая корочка.

**Введение.** Применение соляно-кислотной обработки помогает минимизировать последствия неправильного вскрытия пластов и повысить продуктивность добычи. Эти методы уже успешно применяются на многих нефтяных и газоконденсатных месторождениях в Казахстане, России и странах СНГ. Правильный подбор концентрации кислот и способов их введения позволяет добиться максимальной эффективности. В итоге, такие технологии являются важным фактором для увеличения объемов добычи нефти и повышения рентабельности разработок.

Выбор кислотных обработок для различных коллекторов. Соляно кислотная обработка может применяться в скважинах, эксплуатирующая карбонатные,

трещиннопоровые пласты любой толщины. Объектами обработок могут быть некачественно освоенные (после бурения или капитального ремонта) скважины и скважины, существенно снизившие дебит в процессе эксплуатации. Обработки назначаются по определению текущего и конвенционального коэффициентов продуктивности.

Для проведения соляной обработки нагнетательных скважин следует выбирать скважины, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- ✓ приемистость скважины более 480-490 м<sup>3</sup>/сутки и со временем снижения до 90-99 м<sup>3</sup>/сутки и ниже;
- ✓ скважина должна изливаться;
- ✓ устьевая арматура и эксплуатационная колонна должны быть герметичными. [1]

Термохимические соляно-кислотные обработки ПЗС эффективны в скважинах с низкими пластовыми температурами, в призабойной зоне которых наблюдается отложение твердых углеводородов (смолы, парафины, асфальты). Этот вид обработки может быть применен как для карбонатных коллекторов, так и для терригенных при достаточно высокой их карбонатности.

Обработку карбонатных коллекторов в скважинах с температурой от 100 до 170 °С производят с использованием гидрофобной кислотной эмульсии со специальным эмульгатором (диаминдиолеат, первичные амины, алкиламиды) от 0,5 до 1 %-ной концентрации.

Для обработки терригенных коллекторов с карбонатностью менее 10 %, а также в случае загрязненной ПЗП используют глинокислотные растворы, приготовляемые из соляной (от 10 до 12 % масс.) и плавиковой (от 3 до 5 % масс.) кислот. Допустимо использование взамен плавиковой кислоты кристаллического бифторидфторида аммония. Объем раствора при глино-кислотной обработке выбирают из условия предупреждения разрушения пластовых пород. При первичной обработке используют от 0,3 до 0,4 м<sup>3</sup> раствора на 1 м вскрытой перфорацией толщины пласта (таблица 1).

Объем кислоты для ОПЗ в зависимости от проницаемости пласта-коллектора и количества обработок:

- Тип коллектора: поровый
  - Малопроницаемый:
    - 1 обработка: 0.4–0.6 м<sup>3</sup> кислоты на 1 м толщины пласта.
    - 2 и более обработки: 0.6–1.6 м<sup>3</sup> кислоты на 1 м толщины пласта.
  - Высокопроницаемый:
    - 1 обработка: 0.6–1.0 м<sup>3</sup> кислоты на 1 м толщины пласта.
    - 2 и более обработки: 1.0–1.5 м<sup>3</sup> кислоты на 1 м толщины пласта.
  - Трещинный:
    - 1 обработка: 0.6–0.8 м<sup>3</sup> кислоты на 1 м толщины пласта.
    - 2 и более обработки: 1.0–1.5 м<sup>3</sup> кислоты на 1 м толщины пласта.

Для обработки коллекторов, представленных ангидритами, используют соляно-кислотные растворы с добавками от 6 до 10 % масс. азотнокислого натрия. [2,9]

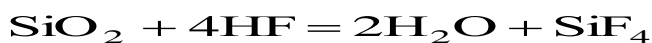
Во всех случаях при проведении кислотных обработок в состав раствора вводят ингибитор коррозии.

Особенность СКО терригенных (песчаники, алевролиты и др.) коллекторов заключается в том, что кислота в них не формирует отдельные каналы, проникающие в пласт на различную глубину, как в карбонатных и трещиноватых коллекторах. В данном случае кислотный раствор проникает в пласт более равномерно и контур ее проникновения близок к круговому.

В карбонатных коллекторах кислота реагирует фактически с неограниченной массой карбонатного вещества по всей глубине образующегося канала, тогда как в терригенных карбонаты составляют всего лишь несколько процентов от общего объема породы. Соляная кислота взаимодействует с карбонатными компонентами, не вступая в реакцию с основной массой породы терригенного коллектора, состоящего из силикатных веществ (кварц) и каолинов. Эти вещества взаимодействуют с фтористоводородной кислотой (HF). Взаимодействие HF с кварцем происходит по следующей реакции:

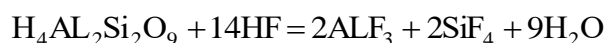
Образующийся фтористый кремний SiF<sub>4</sub> далее взаимодействует с водой.

Кремнефтористоводородная кислота H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> остается в растворе, а кремниевая



кислота Si(OH)<sub>4</sub> по мере снижения кислотности раствора может образовать студнеобразный гель, закупоривающий поры пласта. Для предотвращения этого фтористая кислота употребляется только в смеси с соляной кислотой для удержания кремниевой кислоты в растворе. Рабочий раствор кислоты для воздействия на терригенные коллекторы обычно содержит 8 - 10 % соляной кислоты и 3 - 5 % фтористоводородной. Плавиновая кислота растворяет алюмосиликаты согласно реакции:

Фтористый алюминий AlF<sub>3</sub> остается в растворе, а фтористый кремний SiF<sub>4</sub> взаимодействует с водой, образуя кремниевую кислоту



Взаимодействие HF с зернистым кварцем протекает медленно, а с алюмосиликатом H<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>9</sub> быстро, но медленнее, чем HCl с карбонатами. [3]

Обработка терригенных коллекторов смесью соляной и фтористоводородной кислот целесообразна для удаления карбонатных цементирующих веществ и для растворения глинистого материала. Смесью HCl и HF называют глинокислотой.

Пары фтористоводородной кислоты ядовиты, и обращение с ней требует мер предосторожности. Она имеет высокую стоимость. Последнее время широкое применение находит порошкообразное вещество бифторид-фторид аммония NH<sub>4</sub>FHF+NH<sub>4</sub>F, который сравнительно дешев, хотя и требует мер защиты.

Глинокислота — это смесь плавиковой кислоты (HF) и соляной кислоты (HCl), которая используется для обработки пород, содержащих карбонаты в небольших количествах (не более 0,5%). Она эффективно растворяет цементирующие вещества терригенных коллекторов, при этом количество кислоты подбирается опытным путем, чтобы избежать разрушения породы. Глинокислота применяется, например, для удаления глинистых корок с песчаных пластов, улучшения проницаемости глино-содержащих пластов и повышения растворимости доломитовых образований.

Состав глинокислоты обычно составляет 12% HCl и 3% HF, хотя иногда используется более слабый раствор (6% HCl и 1,5% HF). Эффективность глинокислоты основана на том, что некоторые глины и кремнезем (SiO<sub>2</sub>) растворимы в HF, в отличие от HCl, что делает HF уникальной кислотой для обработки песчаников и других силикатных минералов.

Пример химической реакции, которая происходит при использовании HF: 6HF+SiO<sub>2</sub>→H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>+2H<sub>2</sub>O 6HF + SiO<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> + 2H<sub>2</sub>O SiO<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> + 2H<sub>2</sub>O Это приводит к образованию фторосиликатов, которые могут реагировать с ионами Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup> из соли (например, NaCl и KCl), образуя нерастворимые осадки, такие как Na(K)<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> или Na(K)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>.

Важным аспектом использования глинокислоты является необходимость удаления ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  из системы перед тем, как поступит  $\text{HF}$ , так как они могут образовывать осадки с фторосиликатами. Для этого применяются растворы, содержащие аммоний (например,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), или  $\text{HCl}$ , если в системе присутствуют углекислые вещества или дизельное топливо.

Результаты реакции кислоты с породами:

1.  $\text{HF}$  + «глина»: реакция проходит быстро, в раствор переходят кремний (Si) и алюминий (Al).
2.  $\text{HF}$  + «кварц»: реакция идет медленно, в раствор переходят кремний (Si) в виде  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ .
3.  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  + «глина»: в результате реакции образуется аморфный кварцевый осадок, а также алюминий (Al) и силикат ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ).

Быстрое время реакции и осадки делают  $\text{HF}$  кислоту неподходящей к пескам содержащим карбонаты, и имеющий более 20% растворимости в  $\text{HCl}$ .  $\text{HF}$  кислота никогда не должна использоваться в пластах с карбонатами из-за осадков  $\text{CaF}_2$ , которые нерастворимые. Если песчаный пласт содержит более, чем 20% карбоната, скважина должна быть обработана кислотой только с  $\text{HCl}$ . [6]

$\text{HF}$  вступает в реакцию с натрием, калием и кальцием - образует нерастворимые осадки (рисунок 1).

$\text{HF}$  может также порождать нерастворимые побочные продукты, такие как коллоидный кремнезем – результат взаимодействия с породой. Следовательно, предварительная промывка  $\text{HCl}$  всегда должна осуществляться для:

1. Вытеснения пластовой воды, содержащей ионы калия, натрия или кальция. Если этого не сделать, то может образоваться ряд фторосиликатов {напр.:  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ } или фтороалюминатов различной растворимостью из-за реакции  $\text{HF}$ .
2. Поддержания низкого рН в призабойной зоне на всём протяжении обработки во избежание различных реакций осаждения
3. Растворения карбонатов, которые могли бы породить нерастворимые фториды ( $\text{CaF}_2$ ).

**Заключение.** Для трещиноватых пород рекомендуемые объемы - 0,75 - 1,0 м<sup>3</sup> на 1 м толщины пласта. Закачанная глинокислота выдерживается в пласте 8 - 12 ч. Объем продавочной жидкости равен объемам НКТ и забойной части скважины (до верхней границы перфорации) [7,8].

Терригенные породы содержат мало карбонатов. Поэтому применяют двухступенчатую кислотную обработку. Сначала обрабатывают ПЗС обычным 12 - 15 % раствором  $\text{HCl}$ , а затем закачивают глинокислоту.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1 Покрепин Б. В. Разработка нефтяных и газовых месторождений: [Текст] Учебное пособие. Волгоград.: Издательство «Ин-Фолио», 2008. с.192.
- 2 Билалова Г.А., Билалова Г.М. Применение новых технологий в добыче нефти: [Текст] Учебное пособие. Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. — 272 с.
- 3 Мұнай өндіру жүйесі: [Текст] Оқулық. / Майкл Ж. Экономидес, Дэниел Хилл, Кристин Элиг-Экономидес, Дин Жу Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2017. – 380 бет.
- 4 Жұмағұлов Т. Мұнай және газ өндірудің техникасы мен технологиясы: [Текст] Оқулық. Астана Фолиант, 2013г. – 312 бет.
- 5 Никищенко С. Л. Нефтегазопромысловое оборудование: [Текст] Учебное пособие. - Вол- гоград: Издательство «Ин-Фолио», 2008. – 416 с.: ил.

6 Махмудбеков Э.А. «Интенсификация добычи нефти» [Текст] Махмудбеков Э.А. М.Недра.1983 г. 350с.

7 Мищенко И.Т. «Расчеты в добыче нефти» [Текст] Мищенко И.Т. М.Недра 1998г.-235с.

8 Абдулин Ф.С. «Добыча нефти и газа» [Текст] Абдулин Ф.С. М.Недра 1995г.-320с.

9 Щуров И.В. «Техника и технология добычи нефти» [Текст] Щуров И.В. М.Недра 1983г.-445с.

10 <https://wkitu.kz/ru/vestnik-zkitu/>.

## REFERENCES

1. Pokrepin V. V. Razrabotka neftyanyh i gazovyh mectorozhdenij: [Development of oil and gas fields:]. Uchebnoe pocobie. Volgograd.: Izdatel'ctvo «In-Folio», – (2008): 192s. – (In Rus)

2. Bilalova G.A., Bilalova G.M. Primenenie novyh tekhnologij v dobyche nefiti: [Application of new technologies in oil production:]. Uchebnoe pocobie. Volgograd: Izdatel'ckij Dom «In-Folio»,(2009): 272 s. – (In Rus)

3. . Munaı óndirý júiesi: [Oil production system:]. Oqúlyq. / Maıkl J. Ekonomıdes, Deniel Hill, Kristin Elıg-Ekonomıdes, Dın Jý Almaty: JSHS RPBK "Dáýir", – (2017):- – 380 b. – (In Kaz)

4. Jumaǵulov T. Munaı jáne gaz óndirýdiń tehnikasy men tehnologiasy: [Technique and technology of oil and gas production:]. Oqúlyq. Astana Foliant, – (2013): 312 b. – (In Kaz)

5. Nikishenko C. L. Neftegazopromycolovoe oborudovanie: [Oil and gas field equipment:]. Uchebnoe pocobie. - Volgograd: Izdatel'ctvo «In-Folio», – (2008): 416 s. – (In Rus)

6. Mahmudbekov E.A. «Intencifikaciya dobychi nefiti» ["Intensification of oil production"]. Mahmudbekov E.A M.Nedra. – (1983): 350s. – (In Rus)

7. Mishchenko I.T. «Racchetny v dobyche nefiti» ["Calculations in oil production"]. Mishchenko I.T. M.Nedra – (1998): 235s. – (In Rus)

8. Abdulin F.C. «Dobycha nefiti i gaza» ["Oil and gas production"]. Abdulin F.C. M.Nedra – (1995): 320s. – (In Rus)

9. Shchurov I.V. «Tekhnika i tekhnologiya dobychi nefiti» ["Technique and technology of oil production"]. Shchurov I.V. M.Nedra – (1983): 445s. – (In Rus)

10. <https://wkitu.kz/ru/vestnik-zkitu/>.

## ҰҢҒЫМАЛАРДЫҢ КЕНЖАР МАҢЫНДАҒЫ АЙМАҚТАРЫН ТҮЗ-ҚЫШҚЫЛМЕН ӨНДЕУДІ ҚОЛДАНУ

**Аңдатпа.** Мұнай кен орындарын игеру кезіндегі негізгі міндеттердің бірі – жер қойнауындағы табиғи мұнай қорларын мүмкіндігінше толық шығару болып табылады. Өңделіп жатқан кен орындарының мұнай беру коэффициентін арттыру және мұнай өндіру қарқынын көбейту көбінесе мұнай өндіруді қарқындату әдістерін жаппай енгізу есебінен жүзеге асырылады. Ұңғымалардың түп аймағына түрлі әсер ету әдістерін қолдану қажеттілігі, негізінен, өнімді қабаттарды бұрғылау кезінде ашу әдістерінің жетілмегендігімен байланысты. Әсіресе, бұл коллекторлық қасиеттері нашар және қабат қысымы төмен қабаттарға қатысты. Бұрғылау барысында түп аймақтың өткізгіштігі неғұрлым аз нашарласа, ұңғыма түп аймағын өңдеу әдістерін қолдану қажеттілігі де соғұрлым аз болады. Бұл әдістер карбонатты коллекторлары бар Қазақстан, Ресей және ТМД елдерінің барлық дерлік газконденсатты кен орындарында қолданылған. Қабатты қышқылмен өңдеу кезінде қолданылатын негізгі қышқыл – тұз қышқылы (HCl).



---

Мақалада ұңғымалардың түп аймағын тұз қышқылымен өңдеу әдісінің ерекшеліктері мен критерийлері ұсынылған.

**Кілт сөздер:** қабаттың түп аймағы, тұз қышқылымен өңдеу, терригенді және карбонатты коллекторлар, фторсутек қышқылы, саз қышқылы, сазды қабыршақ.

## APPLICATION OF HYDROCHLORIC ACID TREATMENT OF BOTTOM-HOLE ZONES OF WELLS

**Abstract.** One of the main tasks in the development of oil fields is to extract as much of the natural oil reserves from the earth's subsurface as possible. The increase in the ultimate oil recovery from the developed reservoirs and the enhancement of oil production rates are largely achieved through the widespread introduction of oil production intensification methods.

The need to apply various methods of impacting the wellbore zone is primarily due to the imperfections in drilling methods used to open productive formations. This is especially true for formations with poor reservoir properties and low formation pressure. The less the permeability of the wellbore zone deteriorates during drilling, the less the need arises to use wellbore treatment methods. These methods have been applied in nearly all gas condensate reservoirs in Kazakhstan, Russia, and CIS countries with carbonate reservoirs. The primary acid used in the acid treatment of reservoirs is hydrochloric acid (HCl). The article presents the features and criteria for the application of the hydrochloric acid treatment method in the wellbore zone.

**Keywords:** wellbore zone, hydrochloric acid treatment, terrigenous and carbonate reservoirs, hydrofluoric acid, clay acid, clay crust.