

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 553.982:622.276.6(470.41)

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ СОЛЯНОКИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК

Клавдиев Андрей Андреевич, студент, специальность 21.05.02 Прикладная геология, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: a.klavdiev@mail.ru

Научный руководитель: **Петрищев Вадим Павлович**, доктор географических наук, доцент, профессор кафедры геологии, географии и кадастра, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: wadpetr@mail.ru

Аннотация. Солянокислотные обработки (СКО) в традиционном исполнении часто не дают положительных результатов и имеют среднюю успешность 40–60%. В статье представлены к рассмотрению высокоэффективные солянокислотные обработки, зарекомендовавшие себя при разработке углеводородных залежей в ОАО «Удмуртнефть» и ПАО «Татнефть»: СКО в динамическом режиме, создание в призабойной зоне искусственных кавернонакопителей нефти (ИКНН), кислотный гидроразрыв пласта (ГРП). Рассмотрены главные причины снижения эффективности простых, традиционных солянокислотных обработок; приведена зависимость успешности обработок от типа коллектора, обводненности и их кратности. Определена необходимость создания системно-концептуального подхода по выборке технологий СКО в условиях повсеместного ухудшения структуры текущих и увеличение доли трудноизвлекаемых запасов нефти. Выдвинут новый механизм работы с подрядной организацией: «успешность геолого-технического мероприятия (ГТМ) – приоритетная цель подрядной организации».

Ключевые слова: солянокислотная обработка, карбонатный коллектор, обводненность, интенсификация, дополнительная добыча нефти, подрядчик.

Для цитирования: Клавдиев А. А. Высокоэффективные технологии проведения солянокислотных обработок // Шаг в науку. – 2025. – № 4. – С. 61–66.

HIGHLY EFFICIENT TECHNOLOGIES FOR HYDROCHLORIC ACID TREATMENTS

Klavdiev Andrey Andreevich, student, specialty 21.05.02 Applied Geology, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: a.klavdiev@mail.ru

Research advisor: **Petrishchev Vadim Pavlovich**, Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Geology, Geography and Cadastre, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: wadpetr@mail.ru

Abstract. Hydrochloric acid treatments (HAT) in their traditional implementation often do not give positive results and have an average success rate of 40–60%. The article presents for consideration highly effective hydrochloric acid treatments that have proven themselves in the development of hydrocarbon deposits at OAO Udmurtneft and PAO Tatneft: HAT in a dynamic mode, creation of artificial cavernous oil accumulators (ACOA) in the bottomhole zone, acid hydraulic fracturing (AHF). The main reasons for the decrease in the efficiency of simple, traditional hydrochloric acid treatments are considered; the dependence of the success of treatments on the type of reservoir, water cut and

their multiplicity is given. The need to create a systemic and conceptual approach to selecting HAT technologies in the context of widespread deterioration of the structure of current and an increase in the share of hard-to-recover oil reserves is determined. A new mechanism for working with a contractor is put forward: «the success of a geological and technical measure (GTM) is a priority goal of a contractor».

Key words: hydrochloric acid treatment, carbonate reservoir, water cut, intensification, additional oil production, contractor.

Cite as: Klavdiev, A. A. (2025) [Highly efficient technologies for hydrochloric acid treatments]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 61–66.

В условиях большой выработанности месторождений, показанных на рисунке 1, и увеличения доли трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), рассмотренных на рисунке 2, рентабельная эксплуатация

месторождений возможна только за счет высокоэффективных технических и технологических решений в области добычи нефти.

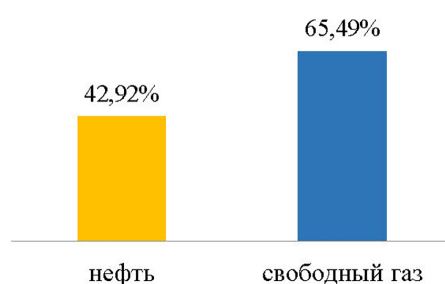


Рисунок 1. Выработанность разведанных запасов Оренбургской области¹

Источник: разработано автором



Рисунок 2. Трудноизвлекаемые запасы Оренбургской области

Источник: разработано автором

Солянокислотная обработка (СКО) является основным методом интенсификации добычи нефти из карбонатных коллекторов [2].

Однако ее эффективность в простом (ПСКО), традиционном исполнении стала в последнее время сни-

жаться и составляет в целом по стране 40–60% [1].

На рисунке 3 приведен опыт использования ПСКО на одном из месторождений в Татарстане в 2012–2017 годах [4].

¹ Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Оренбургской области на 15.03.2021 г. – URL: https://rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/b1ed3ce2b7dff8142daf36cec9dd3b76.pdf?_ysclid=mamc2elqxd371986738 (дата обращения: 15.03.2025).

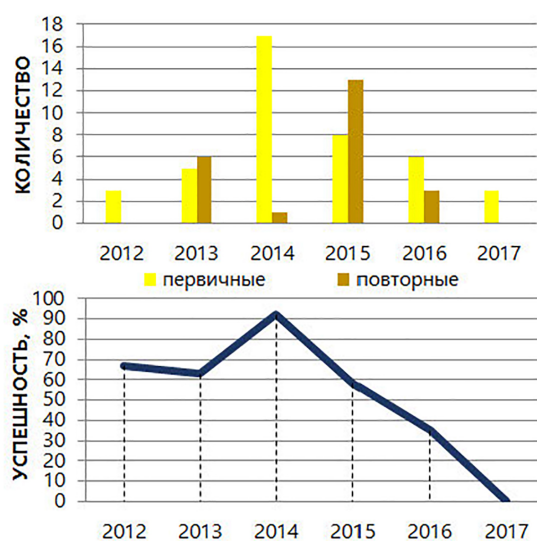


Рисунок 3. Результаты простой солянокислотной обработки на одном из месторождений в Татарстане
 Источник: разработано автором

На рисунке 3 мы видим, что наибольшая успешность обработок (свыше 90%) пришлась на 2014 год. Именно в этом году преобладали первичные СКО. В последующем (2015, 2016 годы) с ростом повторных обработок произошло падение успешности геолого-технических мероприятий (ГТМ) (55%, 35%). А в 2017 году были проведены 3 первичных обработки, но все они оказались неэффективными (успешность 0%).

Главные причины снижения эффективности простых, традиционных солянокислотных обработок [3]:

- повсеместное ухудшение структуры текущих и увеличение доли трудноизвлекаемых запасов нефти;
- несистемный характер применения.

Цель настоящего исследования: создать системно-концептуальный подход по выборке технологий СКО в условиях сложнопостроенного карбонатного коллектора.

Задачи:

- выделить основные негативные факторы, существенно снижающие эффективность СКО;
- представить к рассмотрению высокоэффективные СКО, зарекомендовавшие себя в других нефтегазодобывающих компаниях (НГДК);
- предложить классификацию СКО по степени сложности строения объекта и порядку воздействия на него;
- выдвинуть новый механизм работы с подрядчиком: «успешность ГТМ – приоритетная цель подрядной организации»

Необходимость проведения СКО определяется многими факторами, ключевыми из которых является: положительное значение скин-фактора, снижение проницаемости в призабойной зоне и низкий охват пласта отбором по толщине.

К главным причинам снижения эффективности простых солянокислотных обработок можно отнести: малую глубину проникновения в пласт, неоднородность коллектора, высокую обводненность скважин и нарушение технологии проведения.

Успешно преодолеть ряд существующих трудностей можно путем осуществления кислотной обработки в динамическом режиме.

Технологию разработали «отцы» нефтяной промышленности Удмуртии – Кудинов Валентин Иванович и Сучков Борис Михайлович [2].

В своих работах они неоднократно писали: «даже самая эффективная технология СКО не гарантирует успеха без тщательной очистки призабойной зоны пласта от продуктов реакции. Вызов притока должен проводиться сразу же после обработки, а не через несколько суток, что нередко наблюдается в промышленной практике по техническим или организационным причинам»

Авторы предложили следующую технологию СКО, сущность которой заключается в создании в призабойной зоне пласта (ПЗП) депрессии и движение раствора и продуктов реакции по направлению к забою уже в процессе кислотной обработки. Это предотвращает закрепление нерастворимых продуктов реакции и способствует более полной очистке пласта. Результаты опытно-промышленных работ

рассмотрены на рисунке 4.

На Чутырско-Киенгопском (башкирский ярус A_4) и Мишкинском (верейский горизонт A_{1-3}) месторождениях, т.е. на низкопроницаемые пласты, были проведены опытно-промышленные работы (ОПР). Важно отметить, что в скважинах ранее было про-

ведено по три-четыре солянокислотных обработки, эффективность которых снижалась с увеличением кратности обработок. Результатом опытно-промышленных работ (ОПР) было увеличение дебита в 1,5–2 раза, показанного на рисунке 4 [5; 6].

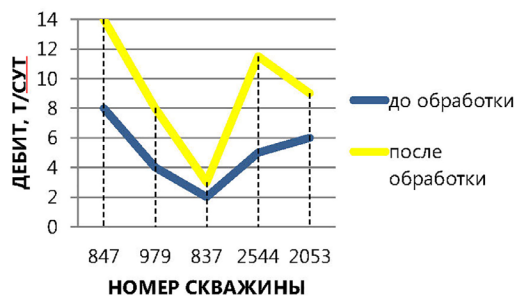


Рисунок 4. Результаты опытно-промышленных работ

Источник: разработано автором

Всего за 1985–1998 годы «Удмуртнефтью» было проведено 1213 СКО в динамическом режиме. Добыча дополнительной нефти составила 406 тысяч тонн! А продолжительность эффекта до 1100 суток.

К сожалению, в открытом доступе нет никаких новых данных, свидетельствующих, что данная тех-

нология применяется. Можем предположить, что с уходом со своих руководящих постов Кудинова и Сучкова технология была забыта и утрачена. На рисунке 5 рассмотрены результаты опытно-промышленных работ на Бавлинском месторождении (Татарстан) в 2008–2009 гг.

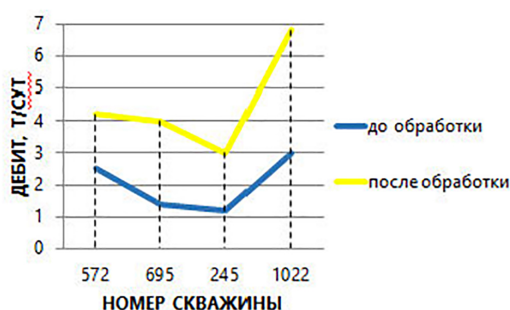


Рисунок 5. Результаты ОПР на Бавлинском мест-и (Татарстан) в 2008–2009 гг.

Источник: разработано автором

Следующая высокоэффективная технология – создание в призабойной зоне искусственных каверно-накопителей нефти (ИКНН). Метод выдающегося ученого-нефтяника Аширова Киамиля Бекировича показан на рисунке 5 [7; 10].

Принципиальное отличие: кислота используется не для образования каналов, а для увеличения объема ПЗП при помощи многократных (6–10 раз) солянокислотных ванн с возрастающими объемами соляной кислоты.

Рассматриваемый метод позволяет увеличить диаметр ствола скважины и степень совершенства призабойной зоны. Одновременно призабойная зона очищается от различных загрязнений, которые выносятся вместе с продуктами реакции [8].

Ряд исследователей [9] рекомендует следующую последовательность операций СКО объектов в карбонатных коллекторах:

- 1) простая СКО;
- 2) направленная СКО;

- 3) глубокая СКО;
- 4) кислотный ГРП;
- 5) метод увеличения диаметра ствола скважины;
- 6) создание каверн-накопителей (ИКНН).

Заставляют задуматься слова генерального директора ООО «Сибур» и ООО «Тобольск-Полимер» Карисалова М. Ю.: «К сожалению, не все наши подрядные

организации дорожат репутацией... ответственность со стороны подрядчиков зачастую очень низкая».

Действительно, в существующих условиях успешность ГТМ не является приоритетной целью подрядной организации, т.к. подрядчик, в первую очередь, заинтересован в минимуме собственных затрат, что отражено на рисунке 6.

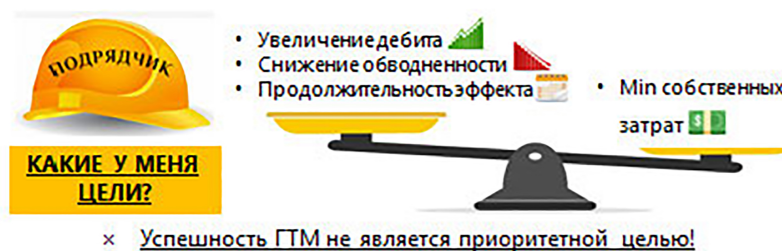


Рисунок 6. Приоритеты подрядной организации

Источник: разработано автором

Решением данной проблемы является применение нового механизма работы с подрядной организацией, схематично изображенного на рисунке 7.

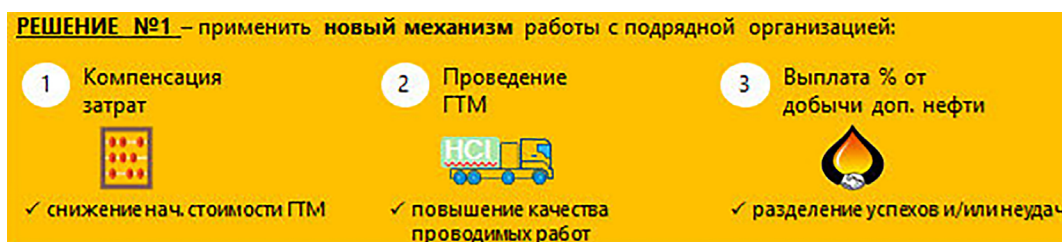


Рисунок 7. Новый механизм работы с подрядной организацией

Источник: разработано автором

Одновременно с этим предлагаем усилить контроль за соблюдением технологии выполнения ГТМ:

- лабораторный надзор концентраций закачиваемого состава;
- внедрение системы видеоаналитики (объем и давление закачиваемого реагента, давление закачки, время выдержки, освоения и т. д.);
- ввести систему метрик для премирования подрядной организации в зависимости от успешно-

сти ГТМ (дебит, обводненность, продолжительность эффекта и т. д.) [11].

Таким образом, представленные технологии являются существенным вкладом в разработку сложных нефтесодержащих структур в краевых прогибах и складчатых областях, а с другой стороны, представляют собой значительный шаг в экологизацию нефтедобычи и повышение устойчивости ландшафтных комплексов нефтяных месторождений.

Литература

1. Даутов М. А., Фаттахов И. Г. Повышение нефтеотдачи карбонатных коллекторов по средствам создания искусственных кавернонакопителей нефти (ИКНН). – URL: <https://okt.rusoil.net/files/conf/2004-2014/-2009-Materialy-36-j-nauchno-tekhnicheskoy-konferencii-molodyh-uchenyh-aspirantov-i-studentov-1.pdf>. (дата обращения: 15.03.2025).
2. Кудинов В. И. Основы нефтегазопромыслового дела: учеб. для вузов. – М.: Институт компьютерных исследований; Ижевск: Удмуртский университет, 2011 – 728 с.

3. Минязов А. М. Повышение эффективности солянокислотной обработки скважин. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article7567?ysclid=mambkve6t6250716713> (дата обращения: 15.03.2025).
4. Опыт применения различных видов солянокислотных обработок для увеличения продуктивности нефтедобывающих скважин на месторождениях Татарстана // Нефтегазовое дело – Т. 10, № 3 – С. 54–58.
5. Особенности морфологической структуры ландшафтов, формирующихся на нефтегазовых месторождениях в Оренбургском Заволжье / В. П. Петрищев [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2021. – № 6. – С. 112–122.
6. Особенности формирования и принципы функционирования техногеосистем нефтегазовых месторождений / К. В. Мячина [и др.] // География и природные ресурсы. – 2021. – Т. 42, № 1. – С. 16–24. – <https://doi.org/10.15372/GIPR20210102>.
7. Перспективы нефтегазоносности оренбургского сегмента передовых складок Урала / М. А. Политыкина [и др.] // Геология нефти и газа. – 2021. – № 6. – С. 59–71. – <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2021-6-59-71>.
8. Перспективы нефтегазоносности оренбургского сегмента Магнитогорского прогиба / М. А. Политыкина [и др.] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – Т. 16, № 1. – https://doi.org/10.17353/2070-5379/1_2021.
9. Пономарева Г. А., Петрищев В. П. Вещественный состав битума Оренбургского Приуралья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2023. – № 1. – С. 80–88. – <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/1/80-88>.
10. Сучков Б. М. Добыча нефти из карбонатных коллекторов – М. ; Ижевск, 2005 – 688 с.
11. Хамидулина А. А., Савинкова Л. Д. Трудноизвлекаемые запасы нефти России и Оренбургской области // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 04–06 февраля 2015 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2015. – С. 834–838.

Статья поступила в редакцию: 13.05.2025; принята в печать: 13.10.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.