

Использование кислотного ГРП для повышения нефтеотдачи низкопроницаемых неоднородных коллекторов каширо-подольских отложений

DOI: 10.24411/2076-6785-2019-10023

С.Б. Колесова
к.э.н., директор
sbk@udsu.ru

М.Б. Полозов
к.б.н., доцент кафедры РЭНГМ
michael999@inbox.ru

Институт нефти и газа им. М.С. Гущериева ФГБОУ
ВО «Удмуртский государственный университет»,
Ижевск, Россия

Использование в качестве потенциальной базы неразрабатываемых низкопроницаемых карбонатных коллекторов связано с необходимостью активного развития методов извлечения и интенсификации добычи углеводородов. Современный этап характеризуется активным развитием и модификацией методов повышения нефтеотдачи при разработке слабодренированных и малопроницаемых коллекторов. Одним из таких методов является кислотный гидроразрыв пласта и его вариации.

Материалы и методы

На основе анализа практического материала.

Ключевые слова

кислотный гидроразрыв пласта, низкопроницаемые коллектора, повышение нефтеотдачи, КГРП

Современный период характеризуется активным вовлечением в разработку трудноизвлекаемых запасов нефти, которые приурочены к низкопроницаемым, слабо дренированным коллекторам. Одним из эффективных способов увеличения проницаемости коллекторов может быть кислотный гидравлический разрыв пластов (далее — КГРП).

Имеющийся практический опыт показывает, что использование в слабодренированных карбонатных коллекторах КГРП в комплексе с мероприятиями по увеличению темпа отбора нефти способен повысить добычу за счет того, что происходит увеличение охвата воздействием разрабатываемой залежи, длительное время находящейся в эксплуатации.

Анализ результатов

В середине 2000-х гг. было положено начало ряду опытных работ по кислотному гидроразрыву пласта на месторождениях Удмуртской Республики. Анализ промысловых данных, проведенный с применением критериев целесообразности проведения КГРП, позволил выявить ряд характерных особенностей.

Одной из таких выявленных особенностей был факт приблизительно двукратного превышения эффективности гидроразрыва пласта на скважинах, которые не были вовлечены в список ГТМ примерно на протяжении трех лет, в противоположность скважинам, на которых не проводилось ОПЗ в означенный промежуток. Таким образом, можно сказать, что уровень техногенной нагрузки может косвенно влиять на наличие положительного результата при планировании кислотного гидроразрыва.

Следующая особенность, присущая КГРП, была зарегистрирована при сопоставлении результатов кислотного гидроразрыва и метода воздействия на добывающие скважины посредством соляной кислоты.

Полученный дополнительный прирост добычи при кислотном гидроразрыве был сравним со средним значением дополнительной добычи углеводородного сырья, полученного при обычных СКО, выполненных на аналогичных месторождениях в сходных условиях. Проведенный анализ позволил сформулировать вывод о том, что глубина воздействия на пласт при проведении кислотного гидроразрыва сравнима с глубиной миграции в пласт солянокислотной композиции. За счет поинтервальной работы с пластами воздействия, приросты добычи были получены от ГТМ, проведенных после КГРП.

Также анализ фактических КГРП показал, что скважины, на которых не удалось добыть прироста после проведения ГРП или после последующих ГТМ, характеризуются более низким пластовым давлением (в среднем 73 атм.) в радиусе контура питания скважины (по скважинам, на которых был получен

прирост — в среднем 83 атм.). Таким образом, можно считать, что пониженное пластовое давление — фактор, который отрицательно влияет на эффективность ГРП.

Следующим особым моментом, на который следует обратить внимание, является то, что длительность полученной после КГРП производительности скважины зависит от стабильности системы «пласт-скважина-насос» и осложнений, которые связаны с большими отборами добываемого флюида, появлением полидисперсных эмульсий с повышенной вязкостью и регистрацией избыточного количества механических примесей в добываемой продукции. Могут проявляться следующие осложнения: рост обводненности продукции скважин, срыв и уменьшение подачи насоса, механический износ в ступенях насосов.

Анализ причин значительного повышения количества воды в добываемой продукции работающих скважин показал, что главным фактором является темп отбора добываемых углеводородов, совершенно не соответствующий потенциальным возможностям разрабатываемого пласта.

В работе приведен анализ мероприятий по осуществлению кислотного гидроразрыва пласта в каширо-подольских отложениях. Данные отложения являются широко распространенными на территории Удмуртской республики. [3]

Объект воздействия представлен серыми, светло-серыми и буровато-серыми кристаллическими известняками с органогенными, пористыми прослойками доломитов. Толщина каширо-подольских отложений от 60 до 90 м. Пористость насыщения составляет от 7 до 25 %, проницаемость от 0,001 до 0,5 мкм².

При подборе скважин кандидатов существует множество подходов [1]

При выборе кандидатов на воздействие были предложены следующие критерии:

- обводненность продукции скважин не выше 90%;
- достаточная толщина объекта воздействия (от 50 м).

По опытным скважинам, где были проведены работы по осуществлению кислотного гидроразрыва пласта, получен положительный эффект.

Дальнейшее широкое использование предложенного метода может ограничиваться геологическими причинами, присущими для территории Удмуртской республики, что выражается в небольшой толщине нефтесодержащих коллекторов.

Пути совершенствования технологии ГРП

Основным и приоритетным направлением развития технологии ГРП является технология кислотно-пропантного разрыва. В процессе анализа выполненных КГРП на карбонатных коллекторах выявлена определенная закономерность — при отношении пластового давления к гидростатическому меньше 1 эффективность выполнения КГРП (с

№ скв.	Объект воздействия	Текущий способ эксплуатации	Параметры работы текущего объекта				Полученный результат от вовлекаемого объекта		
			Нд, м	нефть, т/сут	ж-ть, м3/сут	воды, %	нефть, т/сут	ж-ть, м3/сут	воды, %
1	Каширо-подольский	ШГН	80	8,5	13,1	35	9,6	22	56
2	Каширо-подольский	ШГН	1192	4,7	9,2	49	7,3	26	72
3	Каширо-подольский	ШГН	193	8,9	15,5	43	8,3	28	70
4	Каширо-подольский	ШГН	938	3,3	10,8	69	5,5	21	73
5	Каширо-подольский	ШГН	1119	2,3	7,9	71	6,1	19	67
6	Каширо-подольский	ШГН	380	7,1	11,5	38	9,8	21	53
7	Каширо-подольский	ШГН	1039	6,3	10,3	38	9,3	24	61

Таб. 1 – Эффект от проведения технологии кислотного гидроразрыва пласта
 Tab. 1 – Effect of acid fracturing technology

использованием соляной кислоты различной концентрации) либо мала, либо имеет крайне непродолжительную длительность (эффективность регистрируется на протяжении максимум до 3 месяцев). Данный факт, как правило, связан со скважинами, продуктивный интервал которых сложен относительно мягкими породами (известняками). Это может быть объяснено «схлопыванием» трещин, которые были созданы в ходе КГРП. При низком пластовом давлении значительные величины давления на участки контакта стенок трещины ведут к тому, что они разрушаются и как следствие, снижается их раскрытость.

Осуществление проппантного КГРП в подобных залежах с закачкой очень большого объема проппантной массы, обусловленного

необходимостью создания высокопроводящего канала «скважина – удаленная зона», зачастую осложняется рядом геологических и техногенно-геологических факторов (отсутствии перемычек для ограничения роста трещины по высоте, наличие промытых каналов фильтрации, естественная и техногенная трещиноватости коллектора).

Целью проведения кислотно-проппантного разрыва является травление кислотной композицией каналов и червоточин в массиве коллектора с фиксацией полученных путем кислотного воздействия каверн агентом, создающим расклинивающий эффект. Данная технология имеет два пути реализации:

а) формирование путей фильтрации и их равномерное закрепление. Данное

технологическое решение направлено к применению на более мягких породах (например, известняки);

б) формирование высокопроводящих каналов с закреплением в прискважинной зоне. Направлено на проведение в глинистых и плотных карбонатных прослоях. В настоящее время идет подбор и опробование кислотных композиций, обладающих комплексом свойств, таких как ингибитор травления и носитель проппанта.

Материалы, полученные на практике, показывают, что при проведении кислотного ГРП карбонатных коллекторов, для эффективной миграции реагента к удаленной зоне необходимо применение ингибиторов кислотных композиций. Необходимо также



Рис.1 – Схема расстановки оборудования
 Fig. 1 – Arrangement of equipment at frag job

учитывать, что большая часть залежей, сложенных карбонатными коллекторами, находится на последней стадии разработки и была подвержена многократным кислотным интервенциям за время добычи углеводородов. Подобное неравномерное воздействие кислотой, как в вертикальном, так и латеральном направлениях, приводит к тому, что каждое последующее солянокислотное воздействие разрушает уже созданные каверны, почти не воздействуя на матрицу породы. Для недопущения подобных явлений в настоящее время осуществляется подбор и лабораторное опробование реагентов-отклонителей для кислоты, которые способствуют формированию более равномерного фронта воздействия кислотным составом.

Все перечисленные исследования направлены на увеличение эффективности воздействия на пласт с целью активизации выработки трудноизвлекаемых запасов. Только постоянное совершенствование технологии КГРП и доработка ее в соответствии с требованиями конкретных геолого-физических свойств пластов позволит получить желаемый результат.

Последующая модификация технологии кислотного ГРП будет проведена в направлении увеличения зоны контактирования создаваемой трещины с пластом воздействия, а также увеличения объема залежи, которая

подвергается стимуляции. Считается, что наиболее выраженный эффект от ГТМ можно получить в случае комплексного воздействия при заканчивании скважины и последующем проведении гидроразрыва пласта.

Применяемые в настоящее время при кислотном ГРП технологии дают возможность весьма значительно увеличить величину площади воздействия на породу коллектора за счет значительного роста числа трещин в планируемом под воздействием интервале с использованием разного рода отклонителей КГРП. Так, отклонитель Entage Sequence, который состоит из частиц с возможностью биоразложения, блокирующего на определенный временной промежуток созданные трещины, позволяет проводить инициацию трещины ГРП в других намеченных интервалах. Вследствие этого, в пределах одной сессии ГРП появляется возможность создавать сеть планируемой трещиноватости, которая значительно увеличивает значение площади контакта создаваемой трещины с коллектором. В итоге, продуктивность скважины в коллекторе, характеризующемся низкой проницаемостью, изменяется в сторону увеличения.

Выводы

1. При планировании и осуществлении кислотного гидроразрыва пласта требуется

учитывать имеющуюся в течение последних лет техногенную нагрузку в виде провидимых ранее ГТМ.

2. Использование отклонителей и ингибиторов процесса дает значимое увеличение эффективности КГРП.

3. Применение кислотно-проппантного гидроразрыва в условиях Волго-Уральской нефтегазоносной провинции на карбонатных отложениях позволит увеличить проницаемость и рабочую зону ПЗП, а так же снизить скин-эффект.

Литература

1. Салимов О.В., Насыбуллин А.В., Сакхатудинов Р.З., Салимов В.Г. О критериях подбора скважин для гидроразрыва пласта // Георесурсы. 2017. Т.19. №4. Ч.2. С. 368–373.
2. Ибатуллин Р.Р., Насыбуллин А.В., Салимов О.В. Влияние твердости карбонатных пород на эффективность кислотного гидроразрыва пластов. Фундаментальные проблемы разработки месторождений нефти и газа. Всероссийская конференция. Москва, 2011. С. 73–74.
3. Савельев В.А. Нефтегазоносность и перспективы освоения ресурсов нефти Удмуртской Республики. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 208 с.

Using acid fracturing for promotion oil recovery of low-permeable heterogeneous reservoirs of Kashiro-Podolsk sediments

Authors

Svetlana B. Kolesova — Ph.D., director; sbk@udsu.ru

Mikhail B. Polozov — Ph.D., associate professor; michael999@inbox.ru

M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Abstract

Use as a potential base for increasing the level of exploration and the subsequent active development of hydrocarbon resources associated with low-permeable carbonate reservoirs is associated with the need to actively develop methods for extracting and then intensifying the development of such deposits. The current stage is characterized by active development and modification of development methods and enhanced oil recovery of weakly drained and low-permeable reservoirs.

One of these methods is acid fracturing and variations.

Materials and methods

Based on the analysis of practical material.

Keywords

acidic fracturing, low-permeability reservoir, enhanced oil recovery

Conclusions

1. When planning and implementing

acid fracturing, it is required to take into account the technogenic load in recent years in the form of well-tested geological and technical measures.

2. The use of diverters and process inhibitors results in a significant increase in the effectiveness of OGCs.

3. The use of acid-proppant fracturing in the conditions of the Volga-Ural petroleum province on carbonate sediments will increase the permeability and working zone of the PPP, as well as reduce the skin effect.

References

1. Salimov O.V., Nasybullin A.V., Sakhabutdinov R.Z., Salimov V.G. O kriteriyakh podbora skvazhin dlya gidrorazryva plasta [On the criteria for the selection of wells for hydraulic fracturing]. Georesources, 2017, V.19, issue 4, p.2, pp. 368–373.
2. Ibatullin R.R., Nasybullin A.V., Salimov O.V. Vliyaniye tverdsti karbonatnykh porod na effektivnost' kislotnogo gidrorazryva plastov. Fundamental'nye problemy razrabotki mestorozhdeniy nefiti i gaza [Effect of carbonate rock hardness on the effectiveness of acid fracturing. Fundamental problems of the development of oil and gas fields]. All-Russian conference. Moscow, 2011, pp. 73–74.
3. Savel'ev V.A. Nefegazonosnost' i perspektivy osvoeniya resursov nefiti Udmurtskoy Respubliki [Non-petroleum potential and oil resource prospects in the Udmurt Republic]. Moscow-Izhevsk: Institute of Computer Science, 2003, 208 p.