

DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-5-56-63

УДК 622.276.66

Т.Ф. Акрамов, Н.Р. Яркеева, Э.С. Самушкова (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ (НА ПРИМЕРЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

Timur F. Akramov, Natalya R. Yarkееva, Elina S. Samushkova  
(Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

### EFFECTIVENESS FROM FRACTURING AT A LATE STAGE OF DEVELOPMENT (ON THE EXAMPLE OF REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN OIL FIELDS)

#### Введение

Ввиду введения в разработку большого количества месторождений с осложненными геолого-физическими условиями - преимущественно с карбонатными коллекторами, насыщенными высоковязкой нефтью, одной из основных задач является интенсификация добычи нефти. Продуктивность скважины зависит от естественной проницаемости призабойной зоны пласта и продуктивного пласта в целом. Изменения фильтрационно-емкостных характеристик околоскважинной зоны и коллекторских свойств пласта происходят из-за выпадения неорганических солей, набухания глин, образования устойчивых водонефтяных эмульсий, асфальтосмолопарафиновых отложений и продуктов коррозии. В этой связи большое значение уделяют методам, которые позволяют повысить темпы добычи нефти и восстановить, а иногда и улучшить фильтрационно-емкостные характеристики коллектора.

#### Background

As a result of the introduction of a large number of fields with complicated geological and physical conditions - mainly with carbonate reservoirs saturated with highly viscous oil, one of the main tasks is the oil production intensification. Well productivity depends on the natural permeability of the bottom-hole formation zone and the productive formation as a whole. Changes in the reservoir properties of the near-wellbore zone and reservoir properties of the formation occur due to inorganic salts, clay swelling, formation of stable oil-water emulsions, asphalt-tar and paraffin deposits and corrosion products. In this connection, they attach great importance to methods that can increase oil production rate and restore, and sometimes improve the reservoir properties.

### Цели и задачи

Целью работы является анализ эффективности применения кислотного гидравлического разрыва пласта с использованием проппантов на скважинах, находящихся на поздней стадии разработки, на нефтяных месторождениях Республики Башкортостан.

### Результаты

Проведен анализ целесообразности увеличения объема закачиваемой кислоты при проведении гидроразрыва на ряде месторождений нефтегазодобывающего управления «Чекмагушнеть». Установлено, что при повышении объема закачиваемой соляной кислоты с целью роста текущего и, как следствие, конечного коэффициента извлечения нефти получить существенный технико-экономический эффект не представляется возможным - проведение кислотного гидроразрыва пласта рекомендовано выполнять с применением кислоты в объеме от 20 до 40 м<sup>3</sup>.

### Aims and Objectives

The aim of the work is to analyze the effectiveness of acid hydraulic fracturing using proppants in wells at a late stage of development in oil fields of the Republic of Bashkortostan.

### Results

The analysis of the feasibility of increasing the volume of injected acid during hydraulic fracturing in a number of fields of the Chekmagushnet oil and gas production department is carried out. It has been established that with an increase in the volume of injected hydrochloric acid in order to increase the current and, as a result, the final oil recovery coefficient, it is not possible to obtain a significant technical and economic effect - it was recommended to carry out acid fracturing using acid in a volume of from 20 to 40 m<sup>3</sup>.

---

---

**Ключевые слова:** гидроразрыв пласта с проппантом; кислотный гидроразрыв пласта; технологические параметры проппанта и кислоты

**Key words:** fracturing with proppant; acid fracturing; technological parameters of proppant and acid

---

---

Распространенным видом воздействия на призабойную зону пласта является соляно-кислотная обработка (СКО), заключающаяся в повышении проницаемости коллектора в зоне обработки за счет взаимодействия горной породы с закачиваемой кислотой и, как следствие, увеличения порового объема первого. Однако опыт применения СКО показал, что ее эффективность со временем стала снижаться [1-3].

В настоящее время для увеличения охвата пласта, подвергаемого воздействию кислотным раствором, и тем самым для повышения эффективности СКО на промыслах широко применяются гидравлический разрыв пласта (ГРП) с проппантом и соляно-кислотный гидравлический разрыв пласта (КГРП) [4, 5].

В промышленной эксплуатации на территории Республики Башкортостан находится более 180 месторождений.

Для исследования эффективности применения ГРП и КГРП были выбраны скважины Илишевского, Манчаровского, Таймурзинского, Тузлукушевского, Арланского, Ахтинского, Чекмагушевского, Саитовского, Кушнаренковского, Шелкановского, Чермасанского, Карача-Елгинского, Нурского месторождений, разрабатываемых Чекмагушевским нефтегазодобывающим управлением.

В таблице 1 представлены объекты исследования и количество геологических мероприятий (ГТМ), проведенных в течение исследуемого промежутка времени.

**Таблица 1.** Геолого-технические мероприятия, проведенные на исследуемых объектах в период 2017-2018 гг.

Месторождение	Объект	КГРП (+проппант)	ГРП с проппантом	Всего	Доля обработок от общего количества, %
Илишевское	Стур	1	7	8	11
Манчаровское	Стур	14	11	25	35
Таймурзинское	Стур	6	3	9	13
Арланское	Спод+каш	0	4	4	6
Чекмагушевское	Стур	12	2	14	20
Сайтовское	Сбоб+рад	0	5	5	7
Кушнаренковское	Сбоб+рад	0	1	1	1
Тузлукушевское	Дпаш	0	1	1	1
Ахтинское	Дкын	0	1	1	1
Шелкановское	СверСбаш	1	0	1	1
Карача-Елгинское	Сбоб+рад	0	1	1	1
Чермасанское	СТур	0	1	1	1
Нурское	Дкын	1	0	1	1
СУММА		35	37	71	100

В период 2017-2018 гг. проведено в общей сложности 37 ГРП и 35 КГРП на скважинах, в большинстве случаев находящихся на поздней стадии разработки. Основной объем ГРП проведен на Манчаровском, Чекмагушевском, Таймурзинском, Илишевском, Сайтовском и Арланском месторождениях. На остальных месторождениях была проведена всего одна операция. Основные средние значения параметров работы скважин до и после проведения ГТМ за 1,5 года по месторождениям представлены в таблицах 2 и 3 соответственно.

В целом, до проведения ГРП только на Илишевском месторождении средний парковый дебит нефти  $q_n$  достигал более 10 т/сут. На остальных месторождениях добывные возможности скважин неуклонно снижались

вплоть до полного отсутствия притока нефти к забоям добывающих скважин, вследствие чего на таких скважинах было принято решение провести гидроразрыв пласта с применением проппантов с целью возобновить приток жидкости, улучшить фильтрационно-емкостные характеристики призабойной зоны пласта и получить максимально возможный дополнительный прирост нефти [6].

Для проведения КГРП были выбраны только скважины, которые находятся на поздней стадии разработки. В целом на приведенных в таблице 3 месторождениях средний замерной (парковый) дебит  $q_n$  на скважинах не превышал 3,5 т/сут.

После проведения ГТМ параметры работы скважин изменились и показали существенный рост (таблицы 4 и 5).

**Таблица 2.** Средние параметры работы скважин до проведения ГРП на скважинах по месторождениям

Месторождение \ Параметры работы скважины	Дебит жидкости $q_{ж}$ , м <sup>3</sup> /сут	Обводненность, %	Замерной (парковый) дебит нефти $q_n$ , т/сут
Илишевское	211,3	94,0	11,5
Манчаровское	14,7	73,5	3,5
Таймурзинское	1,6	26,9	1,3
Арланское	5,0	37,8	2,8
Чекмагушевское	69,5	96,1	2,8
Саитовское	9,4	50,4	4,2
Кушнаренковское	0,5	20,0	0,4
Тузлукушевское	0,9	38,3	0,5
Ахтинское	0,2	44,7	0,1
Шелкановское	-	-	-
Карача-Елгинское	1,5	78,1	0,3
Чермасанское	3,2	36,4	1,8
Нурское	-	-	-

**Таблица 3.** Средние параметры работы скважин после проведения КГРП на скважинах по месторождениям

Месторождение \ Параметры работы скважины	Дебит жидкости $q_{ж}$ , м <sup>3</sup> /сут	Обводненность, %	Замерной (парковый) дебит нефти $q_n$ , т/сут
Илишевское	140,0	99,8	0,2
Манчаровское	58,9	56,7	2,8
Таймурзинское	5,9	25,3	2,8
Арланское	-	-	-
Чекмагушевское	7,3	54,3	1,6
Саитовское	-	-	-
Кушнаренковское	-	-	-
Тузлукушевское	-	-	-
Ахтинское	-	-	-
Шелкановское	2,7	27,8	1,8
Карача-Елгинское	-	-	-
Чермасанское	-	-	-
Нурское	0,0	0,0	0,0

Таблица 4. Средние параметры работы скважин после проведения ГРП по месторождениям

Месторождение	Параметры работы скважины	Дебит жидкости $q_{ж}$ м <sup>3</sup> /сут	Обводненность, %	Дебит нефти $q_{н}$ т/сут	Средний прирост добычи нефти $q_{н}$ т/сут	Средняя дополнительная добыча нефти $Q_{н}$ , т	Средняя продолжительность действия эффекта, сут
Илишевское		117,6	46,8	34,7	23,2	611,6	41
Манчаровское		22,5	40,8	9,9	7,2	307,6	35
Таймурзинское		81,2	60,1	19,1	17,7	850,3	63
Арланское		21,0	34,2	10,5	7,7	324,9	62
Чекмагушевское		74,9	58,4	10,0	7,2	87,3	22
Саитовское		30,4	52,1	9,1	4,9	86,7	29
Кушнаренковское		28,2	71,3	7,3	6,9	61,6	22
Тузлукушевское		17,0	44,5	8,5	8,0	287,5	59
Ахтинское		8,1	57,7	3,1	3,0	42,5	52
Шелкановское		-	-	-	-	-	-
Карача-Елгинское		11,0	13,6	8,7	8,4	120,1	27
Чермасанское		31,7	86,5	3,8	2,0	40,0	20
Нурское		-	-	-	-	-	-

Таблица 5. Средние параметры работы скважин после проведения КГРП по месторождениям

Месторождение	Параметры работы скважины	Дебит жидкости $q_{ж}$ м <sup>3</sup> /сут	Обводненность, %	Дебит нефти $q_{н}$ т/сут	Средний прирост добычи нефти $\Delta q_{н}$ т/сут	Средняя дополнительная добыча нефти $\Delta Q_{н}$ , т	Средняя продолжительность действия эффекта после ГРП, сут
Илишевское		141,5	92,4	9,2	9,0	710,1	72
Манчаровское		46,4	52,0	14,1	11,4	624,1	89
Таймурзинское		30,7	46,0	11,5	8,7	682,4	109
Арланское		-	-	-	-	-	-
Чекмагушевское		44,9	56,9	9,7	8,1	697,6	138
Саитовское		-	-	-	-	-	-
Кушнаренковское		-	-	-	-	-	-
Тузлукушевское		-	-	-	-	-	-
Ахтинское		-	-	-	-	-	-
Шелкановское		17,7	75,5	4,0	2,2	12,6	23
Карача-Елгинское		-	-	-	-	-	-
Чермасанское		-	-	-	-	-	-
Нурское		9,0	6,0	7,6	7,6	380,0	50

По полученным осредненным параметрам работы скважин после проведения ГРП на месторождениях Чекмагушевского НГДУ можно однозначно сказать, что наибольшая дополнительная добыча получена на скважинах Таймурзинского (свыше 850 т), Илишевского (свыше 600 т), Манчаровского (свыше 300 т), Арланского (свыше 300 т) и Тузлукушевского (примерно 300 т) месторождений. В остальных случаях данный показатель не превышает 150 т. На скважинах Шелкановского и Нурского месторождений гидроразрыв пласта не проводился. Средняя продолжительность действий эффекта ГРП составила от 20 до 60 сут [7]. Кратность увеличения отборов жидкости на скважинах составила от 1 до 10, кратность роста дебита нефти от 2 до 20. Средняя обводненность скважин до ГРП с пропантом составляла от 40 % до 96 %, после гидроразрыва пласта от 30 % до 70 %.

Как видно из таблицы 5, на большинстве месторождений Чекмагушевского НГДУ коллекторы сложены преимущественно не из карбонатных, а из терригенных горных пород, вследствие чего количество проводимых КГРП в год значительно ниже ГРП.

В целом, в большинстве случаев дополнительная добыча нефти на скважинах, в которых проводился кислотный гидроразрыв пласта, достигает 700 т, что говорит об эффективности проведенного ГТМ. На скважине Нурского месторождения добыли 380 т нефти (КГРП был произведен на одной скважине). На скважине Шелкановского месторождения дополнительная добыча нефти  $\Delta Q_n$  составила 12,6 т - довольно низкий показатель.

Кратность увеличения отборов жидкости составила от 1 до 7, кратность роста дебита нефти от 2 до 6 по отдельным скважинам. Средняя обводненность скважин до КГРП составляла от 40 % до 99,8 %, после ГТМ от 40 % до 80 %.

Наибольший прирост дебита нефти получен по скважинам Манчаровского месторождения - 11,4 т/сут, а наименьший по скважинам Шелкановского месторождения - 2,2 т/сут.

В таблице 6 представлены объемы закачиваемой кислоты (концентрации кислоты НСІ 15 % и 18 %), применяемые при кислот-

ном гидравлическом разрыве пласта на месторождениях НГДУ «Чекмагушнефть».

**Таблица 6.** Объемы закачиваемой кислоты при проведении КГРП на месторождениях НГДУ «Чекмагушнефть»

Месторождение	Средний объем закачиваемой кислоты, м <sup>3</sup>
Илишевское	40,0
Манчаровское	45,0
Таймурзинское	40,0
Арланское	-
Чекмагушевское	45,0
Саитовское	-
Кушнаренковское	-
Тузлукушевское	-
Ахтинское	-
Шелкановское	35,0
Карача-Елгинское	-
Чермасанское	-
Нурское	20,0

Для выяснения целесообразности повышения объема закачиваемой кислоты с целью получения значительного роста отборов жидкости и текущего коэффициента извлечения нефти были проанализированы все скважины, на которых проводился КГРП, на территории НГДУ «Чекмагушнефть» [8]. Как показали результаты, увеличение объема закачиваемой соляной кислоты при проведении КГРП не дает существенного эффекта и, как следствие, приводит лишь к увеличению затрат на данную операцию.

#### Выводы

1. Проведение кислотного гидравлического разрыва пласта на ряде месторождений НГДУ «Чекмагушнеть» показало хороший результат за 2017-2018 гг.

Аналогичный вывод о скважинах, на которых был произведен гидравлический разрыв пласта без применения кислоты, сделать

невозможно, так как оптимальные технико-экономические показатели после проведения мероприятий и вывода скважин на режим были получены только на 6 из 12 месторождений. Но даже при таком исходе проведение ГРП на данных месторождениях является эффективным и позволяет получить дополнительную прибыль.

2. Проведен анализ целесообразности увеличения объема закачиваемой кислоты при проведении гидроразрыва на ряде ме-

сторождений нефтегазодобывающего управления «Чекмагушнефть».

Установлено, что при повышении объема закачиваемой соляной кислоты с целью роста текущего и, как следствие, конечного коэффициента извлечения нефти получить существенный технико-экономический эффект не представляется возможным - проведение кислотного гидроразрыва пласта рекомендовано выполнять с применением кислоты в объеме от 20 до 40 м<sup>3</sup>.

#### Список литературы

1. Федоров Ю.В. Повышение эффективности технологии кислотного гидравлического разрыва пласта // Нефтепромысловое дело. 2010. №11. С. 32-39.
2. Бархатов Э.А., Яркеева Н.Р. Эффективность применения многозонного гидроразрыва пласта в горизонтальных скважинах // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328. № 10. С. 50-58.
3. Шагалеев Р.К., Корсуков М.В., Гареев А.М., Новоселова Д.В. Совершенствование технологии гидроразрыва пластов с целью обеспечения стабилизации продуктивности объектов воздействия во времени // Нефтепромысловое дело. 2014. № 12. С. 29-34.
4. Бобков Д.О. Проблемы, возникающие при проведении ГРП, и возможности их решения // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». 2017. № 7. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/07/84111> (дата обращения: 07.02.2019).
5. Каневская Р.Д., Дияшев И.Р., Некипелов Ю.В. Применение гидравлического разрыва пласта для интенсификации добычи и повышения нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. 2002. № 5. С. 92-98.
6. Фархутдинова М.Х. Анализ влияния геолого-технологических параметров скважин и процесса гидравлического разрыва пласта на его эффективность // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. № 3. С. 33-64. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3\\_2014/ogbus\\_3\\_2014\\_p33-48\\_FarhutdinovaMKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2014/ogbus_3_2014_p33-48_FarhutdinovaMKh_ru.pdf) (дата обращения: 07.02.2019). DOI: 10.17122/ogbus-2014-3-33-64.
7. Владимиров И.В., Хисамутдинов Н.И., Антонов М.С., Аржиловский А.В. Оценка влияния технологии ГРП на разработку запасов нефти участка залежи // Нефтепромысловое дело. 2012. № 1. С. 64-68.
8. Грехов И.В., Кучумов Р.Р. Системный анализ точности прогнозирования эффективности гидроразрыва пласта // Новые технологии - нефтегазовому региону: матер. X Всеросс. науч.-

#### References

1. Fedorov Yu.V. Povyshenie effektivnosti tekhnologii kislotnogo gidravlicheskogo razryva plasta [Raising Efficiency of Technology of Deposit Acid Hydraulic Fracturing]. *Neftpromyslovoe delo - Oilfield Engineering*, 2010, No. 11, pp. 32-39. [in Russian].
2. Barkhatov E.A., Yarkeeva N.R. Effektivnost' primeneniya mnogozonnogo gidrorazryva plasta v gorizonta'nykh skvazhinakh [The Efficiency of Multizone Hydraulic Fracturing in Horizontal Well]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov - Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2017, Vol. 328, No. 10, pp. 50-58. [in Russian].
3. Shagaleev R.K., Korsukov M.V., Gareev A.M., Novoselova D.V. Sovershenstvovanie tekhnologii gidrorazryva plastov s tsel'yu obespecheniya stabilizatsii produktivnosti ob"ektov vozdeistviya vo vremeni [Perfection of a Formation Hydraulic Fracturing Technologies Providing Objects' Productivity Stabilization in Time]. *Neftpromyslovoe delo - Oilfield Engineering*, 2014, No. 12, pp. 29-34. [in Russian].
4. Bobkov D.O. Problemy, vznikayushchie pri provedenii GRP, i vozmozhnosti ikh resheniya [Problems Arising During Hydraulic Fracturing and Possibilities of their Solution]. *Elektronnyi nauchno-prakticheskii zhurnal «Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii» - Electronic Scientific & Practical Journal «Modern Scientific Researches and Innovations»*, 2017, No. 7. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2017/07/84111> (accessed 07.02.2019). [in Russian].
5. Kanevskaya R.D., Diyashev I.R., Nekipelov Yu.V. Primenenie gidravlicheskogo razryva plasta dlya intensivatsii dobychi i povysheniya nefteotdachi [Application of Hydraulic Fracturing for Production Intensification and Enhanced Oil Recovery]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2002, No. 5, pp. 92-98. [in Russian].
6. Farkhutdinova M.Kh. Analiz vliyaniya geologo-tekhnologicheskikh parametrov skvazhin i protsessa gidravlicheskogo razryva plasta na ego effektivnost' [Analysis of the Influence of Geological and Technological Parameters of Wells and Hydraulic Fracturing

практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. С. 62-65.

on its Efficiency]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2014, No. 3, pp. 33-64. Available at: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3\\_2014/ogbus\\_3\\_2014\\_p33-48\\_FarhutdinovaMKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2014/ogbus_3_2014_p33-48_FarhutdinovaMKh_ru.pdf) (accessed 07.02.2019). DOI: 10.17122/ogbus-2014-3-33-64. [in Russian].

7. Vladimirov I.V., Khisamutdinov N.I., Antonov M.S., Arzhilovskii A.V. Otsenka vliyaniya tekhnologii GRP na vyrabotku zapasov nefti uchastka zalezhi [Assessment of Effect of a Formation Hydraulic Fracturing Technology on Amount of Oil Resources Recovered from a Sector of a Deposit]. *Neftepromyslovoe delo - Oilfield Engineering*, 2012, No. 1, pp. 64-68. [in Russian].

8. Grekhov I.V., Kuchumov R.R. Sistemnyi analiz tochnosti prognozirovaniya effektivnosti gidrorazryva plasta [The System Analysis of the Accuracy of Predicting the Effectiveness of Hydraulic Fracturing]. *Materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Novye tekhnologii - neftegazovomu regionu»* [Materials of the X All-Russian Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists «New Technologies - Oil and Gas Region»]. Tyumen, TyumGNGU Publ., 2011, pp. 62-65. [in Russian].

#### Авторы

• Акрамов Тимур Файласович  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Студент кафедры «Разработка и эксплуатация  
нефтяных и и газонефтяных месторождений»  
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
e-mail: Akramov.timur@yandex.ru

• Яркеева Наталья Расатовна, канд. техн. наук  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Доцент кафедры «Разработка и эксплуатация  
нефтяных и и газонефтяных месторождений»  
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
e-mail: yarkeevan@yandex.ru

• Самушкова Элина Сергеевна  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Студент кафедры «Разработка и эксплуатация  
нефтяных и и газонефтяных месторождений»  
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
e-mail: kafedra-rngm@mail.ru

#### The Authors

• Akramov Timur F.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Student of Development and Exploitation of Oil  
and Gas Fields Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,  
Russian Federation  
e-mail: Akramov.timur@yandex.ru

• Yarkeeva Natalya R., Candidate of Engineering  
Sciences  
Ufa State Petroleum Technological University  
Assistant Professor of Development and Exploitation  
of Oil and Gas Fields Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,  
Russian Federation  
e-mail: yarkeevan@yandex.ru

• Samushkova Elina S.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Student of Development and Exploitation of Oil  
and Gas Fields Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,  
Russian Federation  
e-mail: kafedra-rngm@mail.ru