

УДК 622.279.7

А.И. Хасанова, Э.М. Альмухаметова, Н.Х. Габдрахманов (Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Октябрьский, Республика Башкортостан, Российская Федерация)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В УСЛОВИЯХ БАВЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

A.I. Khasanova, E.M. Almukhametova, N.Kh. Gabdrakhmanov (Oktyabrskiy Affiliate of Ufa State Petroleum Technological University FSBEI HPE, Oktyabrskiy, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

EFFECTIVENESS OF HYDRAULIC FRACTURING APPLIED IN BAVLY FIELD CONDITIONS

Введение

Уровень и качество интенсификации добычи нефти во многом зависят от эффективности воздействия на призабойную зону пласта. Общеизвестными методами воздействия являются гидроразрыв пласта, кислотные обработки, виброобработка призабойной зоны пласта, промывка призабойной зоны, обработка скважин термогазохимическими методами. В статье представлен сравнительный анализ применения гидроразрыва пласта на отдельных скважинах Бавлинского месторождения. После проведения гидроразрыва пласта дебит скважины, как правило, резко возрастает. Метод позволяет «оживить» простаивающие скважины, на которых добыча нефти или газа традиционными способами уже невозможна или малорентабельна.

Цели и задачи

В статье выполнен анализ применения методов воздействия на призабойную зону пласта на скважинах № 442, 1060, 3314, 226, 893 Бавлинского месторождения. Представлена оценка эксплуатационных характеристик скважин после обработки, показано влияние на эффективность проведения гидроразрыва геологических факторов.

Методы

Представлен алгоритм и расчетные методы определения технологического эффекта воздействия на призабойную зону пласта.

Результаты

На основе фактических данных показана эффективность применения гидроразрыва пласта на скважинах № 442, 1060, 3314, 226, 893 Бавлинского месторождения. Применение метода позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики скважин. Так, если в среднем на одну добывающую скважину в зоне проведения работ приходится 12 дней работы в месяц, то на одну скважину после применения гидроразрыва - 25 дней. Важным технологичес-

Background

The level and quality of oil recovery stimulation is largely dependent on the effectiveness of the treatment of the bottom-hole formation zone. The conventional methods of treatment are hydraulic fracturing, acidizing, vibration treatment of the bottom-hole zone, washing of the bottom-hole zone, and well stimulation using thermal, gas and chemical treatment methods. The paper presents a comparative analysis of the use of hydraulic fracturing in some wells of Bavly Field. After hydrofrac the production rate usually increases sharply. The method allows «reanimation» of idle wells when oil or gas recovery by conventional methods is already impossible or unprofitable.

Aims and Objectives

The paper contains the analysis of the bottom-hole stimulation methods applied in the wells Nos. 442, 1060, 3314, 226 and 893 of Bavly Field. The assessment of the well producing characteristics after treatment is given, and the impact of geological factors on the effectiveness of hydraulic fracturing is shown.

Methods

The algorithm and calculation methods to determine the technological effect of the bottom-hole stimulation are presented.

Results

The effectiveness of hydraulic fracturing in wells Nos. 442, 1060, 3314, 226 and 893 of Bavly Field is demonstrated on the basis of facts. Application of the method allows a significant improvement of producing characteristics of the wells. Thus, if one producing well in the working area operates in average 12 days of a month, then it is 25 days of operation per well after hydraulic fracturing. An important technological achievement is that a part of reserves in the marginal zone is involved in development. The efficiency of the well operation after hydraulic fracturing applied in the edge zones of the horizon is 4.5

ким достижением является вовлечение в разработку части запасов краевой зоны. Эффективность работы скважины после применения гидроразрыва в краевых зонах горизонта в 4,5 раза превышает эффективность работы обычных скважин без применения гидроразрыва.

times higher than the efficiency of the usual well operation without fracturing.

Ключевые слова: месторождение, добыча нефти, призабойная зона пласта, скважина, гидроразрыв пласта, рентабельность

Key words: field, oil production, bottom-hole formation zone, well, hydraulic fracturing, profitability

Гидроразрыв пласта (ГРП) - один из методов интенсификации нефтяных и газовых скважин и увеличения приемистости нагнетательных скважин [1]. Метод заключается в создании высокопроводимой трещины в целевом пласте для обеспечения притока добываемого флюида (газа, воды, конденсата, нефти либо их смеси) к забою скважины [2, 3].

После проведения ГРП дебит скважины, как правило, резко возрастает. Метод позволяет «оживить» простаивающие скважины, на которых добыча нефти или газа традиционными способами уже невозможна или малорентабельна. Кроме того, в настоящее время метод применяется для разработки новых нефтяных пластов, извлечение нефти их которых традиционными способами нерентабельно ввиду низких получаемых дебитов [4, 5].

Успешность применения технологии гидроразрыва в целом по Сабанчинскому месторождению составила 96 %. Дебит в среднем увеличился в 6,5 раза. Расчетная продолжительность эффекта - 3 года, ожидаемая дополнительная добыча на скважину - 7 тыс. т. Прирост дебита в среднем увеличился в 7,3 раза.

Увеличение дебита жидкости после применения ГРП в значительной степени зависит от потенциальных возможностей скважины. Рассмотрим скважину до применения ГРП с максимальным дебитом жидкости. В условиях применения ГРП не только обеспечивает прирост дебита жидкости до уровня, максимального без применения ГРП, но и значительно его превышающего. Данные о проведении ГРП представлены в таблице 1. Показатели суточной добычи нефти до и после ГРП представлены на рисунке 1.

Из пяти обработанных скважин ни одна скважина не дала дебита меньшего, чем до применения ГРП. Среднее отношение достигнутого после ГРП дебита к максимальному дебиту до ГРП равно 2,5.

Применение метода позволяет также значительно улучшить эксплуатационные характеристики скважин после обработок. Так, если в среднем на одну добывающую скважину в зоне проведения работ приходится 12 дней работы в месяц, то на одну скважину после ГРП - 25 дней.

Важным технологическим достижением является вовлечение в разработку части запасов краевой зоны. Таким образом, эффективность работы скважины после ГРП в краевых зонах горизонта в 4,5 раза превышает эффективность работы обычных скважин, по которым гидроразрыв не проводился.

Основное влияние на эффективность работ по ГРП оказывают геологические факторы. Учет их влияния довольно сложен. Геологические факторы рассматривались как по скважине, так и по околоскважинному пространству (радиус возможной длины трещины).

Было изучено влияние следующих факторов по скважине: общая, эффективная, эффективная перфорированная толщины; толщина пропластков, входящих в высокосвязанные области пласта; проницаемость; расчлененность; проводимость и ряд других параметров.

Таблица 1 - Данные о проведении ГРП

Номер скважины	До проведения ГРП			После проведения ГРП		
	Q _н , т/сут	В, %	Q _ж , т/сут	Q _н , т/сут	В, %	Q _ж , т/сут
442	2,3	17,8	2,8	8,7	35	13,5
1060	1,7	37	2,7	5,6	58,2	13,4
3314	4,5	11,8	5,1	9,5	45	17,2
226	4,9	19,7	6,1	10,1	43,6	17,4
893	3,4	26	4,6	4,7	35,6	7,3

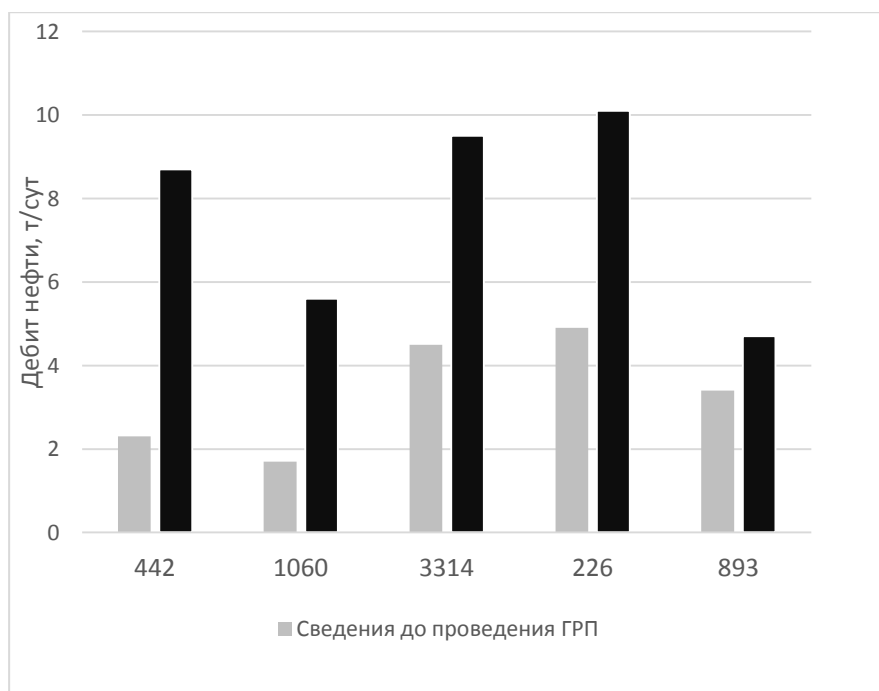


Рисунок 1 - Показатели суточной добычи нефти до и после проведения ГРП

В дополнение к перечисленным факторам были рассмотрены параметры по около-скважинному пространству: песчаность разреза и объем высокосвязанных запасов. Изучена также эффективность применения ГРП в зависимости от соотношения параметров околоскважинного пространства и призабойной зоны.

Проведенные исследования показали, что по всей совокупности обработок ни от одного из геологических факторов зависимости не наблюдается.

Установлены надежные связи величины эффекта после ГРП и геолого-физических факторов. Эффект ГРП зависит от толщины проплатка, дополнительное влияние оказывает соотношение проводимостей в призабойной и удаленной зонах. Можно утверждать, что восстанавливается естественная продуктивность пласта, эффект полностью следует относить к интенсификации выработки запасов. Очевидно, что эффективность применения ГРП связана с увеличением конечной величины нефтеизвлечения.

В таблице 2 представлены результаты проектирования ГРП скважин Бавлинского месторождения.

Таблица 2 - Результаты проектирования ГРП скважин Бавлинского месторождения

Показатель	Номер скважины				
	442	1060	3314	226	893
1	2	3	4	5	6
Давление разрыва пласта $P_{раз}$, МПа	31,4	24,3	21,4	25,6	25,3
Необходимое забойное давление, МПа	37,6	29,2	25,7	30,7	30,3
Статическое давление, МПа	18,6	14,5	15,1	16,0	16,5
Число Рейнольдса	22067	18286	25600	13333	11429
Коэффициент гидравлического сопротивления	0,0029	0,0035	0,0025	0,0048	0,0056
Потери давления на трение, МПа	6,22	7,39	5,67	8,91	10,70
Проницаемость трещины, m^{-2}	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Проницаемость призабойной зоны скважины в радиусе распространения трещины, m^{-2}	$3,2 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$2,1 \cdot 10^{-7}$	$2,8 \cdot 10^{-7}$
Увеличение дебита, т/сут	9,786	5,543	9,450	10,080	4,685
Давление на устье скважины, МПа	25,2	22,0	16,2	23,6	24,5
Объем жидкости - проппантоносителя, m^3	25,0	17,5	17,5	20,0	20,0
Объем продажной жидкости, m^3	7	5	5	6	6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Общий объем закачиваемой жидкости, м ³	47,0	37,5	37,5	41,0	41,0
Продолжительность процесса, мин	22,4	17,9	17,9	19,5	19,5
Число насосных агрегатов	5	4	3	5	5
Радиус трещины, м	35,3	37,0	40,0	37,1	40,4
Ширина трещины, м	0,0620	0,0504	0,0480	0,0531	0,0571
Остаточная ширина трещины, м	0,0142	0,0115	0,0110	0,0121	0,0131
Технологическая эффективность:					
Объем добываемой нефти до ГРП, т/сут	2,3	1,7	4,5	4,9	3,4
Увеличение дебита, т/сут	8,7	5,6	9,5	10,1	4,7
Изменение дебита 1 год, т/сут	11,0	7,3	14,0	15,0	8,1
Изменение дебита 2 год, т/сут	10,12	6,72	12,88	13,80	7,45
Изменение дебита 3 год, т/сут	8,57	5,68	10,90	11,68	6,31
Дополнительная добыча нефти 1 год, т/год	2938,38	1888,75	3184,78	3384,53	1561,58
Дополнительная добыча нефти 2 год, т/год	2638,38	1689,65	2802,96	2975,44	1340,67
Дополнительная добыча нефти 3 год, т/год	2108,46	1337,98	2128,51	2252,82	950,45
Суммарная добыча, т	7685,23	4916,38	8116,24	8612,80	3852,69

Интервалы продуктивной мощности, в которых образовались трещины, на практике определяются двумя методами. Один из них основан на активизации радиоактивными изотопами песка или другого гранулированного материала, используемого при гидроразрыве пласта.

Небольшой объем активированного песка вводят в жидкость-песконоситель на завершающей стадии закрепления трещины. Сравнением результатов гамма-каротажа, выполненного до и после ГРП, обнаруживается скопление активированного песка, в области зоны разрыва фиксируется повышенное значение интенсивности гамма-излучения.

Второй метод, который чаще применяется на практике, основан на сравнении результатов глубинных измерений дебитомерами или расходомерами, осуществленных до и после ГРП. По изменению профилей притока жидкости в скважине можно судить о зонах образования трещин.

Проведенный анализ показал, что эффективность ГРП зависит от множества факторов, главными из которых являются:

- ✓ пространственная ориентация и геометрические размеры трещины;
- ✓ эксплуатационная характеристика скважины до ГРП;
- ✓ характеристика призабойной зоны пласта;
- ✓ характеристика пласта: степень неоднородности, объем слабодренируемых запасов, характер распределения песчаных прослоев.

При анализе влияния различных факторов рассматривались следующие параметры эффективности:

- ✓ абсолютная эффективность - прирост дебитов после ГРП;
- ✓ относительная эффективность - соотношение максимальных дебитов до и после ГРП;
- ✓ характеристика скважины до ГРП;
- ✓ характеристика призабойной зоны пласта;
- ✓ характеристики пласта: степень неоднородности, объем слабодренируемых запасов, характер распределения песчаных прослоев.

Выводы

Выполнен анализ эффективности применения гидравлического разрыва пласта. Рассмотренная технология является эффективной на скважинах № 442, 1060, 3314, 226, 893 Бавлинского месторождения. Дополнительная добыча данных скважин составила 33 183,34 т. Установлено, что эффективность ГРП, в основном, зависит от следующих факторов: пространственная ориентация и геометрические размеры трещины; эксплуатационная характеристика скважины до ГРП; характеристика призабойной зоны пласта; характеристики пласта: степень неоднородности, объем слабодренируемых запасов, характер распределения песчаных прослоев.

Литература

1. Ковалев Н.И., Гилаев Г.Г., Халибуллин М.Я. Интенсификация добычи нефти. Наземное и подземное оборудование. Краснодар: Просвещение-Юг, 2005. 335 с.
2. Рудой В.С., Жданова С.А. Повышение эффективности разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами // Сб. научн. тр. ВНИИнефть. 2005. Вып. 132. 180 с.
3. Альмухаметова Э.М., Ворсина Н.А., Сыртланов О.В. Эффективность применения гидроразрыва пласта в условиях Повховского месторождения // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2013. Вып. 3 (93). С. 23-29.
4. Бутов Л.Н. Применение различных методов повышения нефтеотдачи пластов // Сер. «Нефтепромысловое дело». М.: ВНИИОЭНГ, 1977. 58 с.
5. Девликамов В.В., Зейгман Ю.В. Техника и технология добычи нефти. Уфа: Изд-во УНИ, 1987. 116 с.
6. Дополнение к проекту разработки Бавлинского нефтяного месторождения / ОАО «Татнефть», НГДУ «Бавлынефть». Бавлы, 2013.
7. Годовой отчет НГДУ «Бавлынефть» за 2010 год / ОАО «Татнефть», НГДУ «Бавлынефть». Бавлы, 2013.
8. Пояснительная записка к комплексу геолого-геофизической информации. Бавлы, 2013. 73 с.

References

1. Kovalev N.I., Gilaev G.G., Khabibullin M.Ya. *Intensifikatsiya dobychi nefi. Nazemnoe i podzemnoe oborudovanie* [Stimulation of Oil Production. Surface and Underground Equipment]. Krasnodar, Prosveshchenie-Yug, 2005. 335 p. (in Russ.).
2. Rudoi V.S., Zhdanova S.A. *Povyshenie effektivnosti razrabotki mestorozhdenii s trudnoizvlekaemymi zapasami* [Improvement of the Efficiency of Developing Deposits with Hard to Recover Reserves]. *Sbornik nauchnikh trudov VNIIneft'* [Collection of Scientific Works of VNIIneft']. 2005. Vyp. 132. 180 p. (in Russ.).
3. Al'mukhametova E.M., Vorsina N.A., Syrtlanov O.V. *Effektivnost' primeneniya gidrorazryva plasta v usloviyakh Povkhovskogo mestorozhdeniya* [Effective Application of Hydraulic Fracturing in Povkhovskoye Oilfield]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2013, Issue 3 (93), pp. 23-29. (in Russ.).
4. Butov L.N. *Primeneniye razlichnykh metodov povysheniya nefteotdachi plastov* [Application of Different Methods to Enhance Oil Recovery]. *Ser. «Neftepromyslovoye delo» - Ser. «Oilfield Engineering»*. Moscow, VNIIOENG, 1977. 58 p. (in Russ.).
5. Devlikamov V.V., Zeigman Yu.V. *Tekhnika i tekhnologiya dobychi nefi* [Technique and Technology of Oil Production]. Ufa, Izd-vo UNI, 1987. 116 p. (in Russ.).

6. *Dopolnenie k projektu razrabotki Bavlinskogo nefryanogo mestorozhdeniya (OAO «Tatneft», NGDU «Bavlyneft»)* [Supplement to the Project of Bavyly Field Development (OAO «Tatneft», NGDU «Bavlyneft»)]. Bavyly, 2013. (in Russ.).

7. *Godovoi otchet NGDU «Bavlyneft» za 2010 god (OAO «Tatneft», NGDU «Bavlyneft»)* [Annual Report of OGPD «Bavlyneft» for the year 2010 (OAO «Tatneft», NGDU «Bavlyneft»)]. Bavyly, 2013. (in Russ.).

8. *Poyasnitel'naya zapiska k komplektu geologo-geofizicheskoi informatsii* [Explanatory Note to the Set of Geological and Geophysical Data]. Bavyly, 2013. 73 p. (in Russ.).

Авторы

• Хасанова Альбина Илнуровна
Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский
государственный нефтяной технический
университет» в г. Октябрьский
Студент группы БГР 12-11
Российская Федерация, 452607, Республика
Башкортостан, г. Октябрьский, ул. Девонская, 54 а
тел. (34767) 6-60-30
e-mail: elikaza@mail.ru

• Альмухаметова Эльвира Маратовна, канд. техн.
наук
Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский
государственный нефтяной технический
университет» в г. Октябрьский
Доцент кафедры «Разведка и разработка
нефтяных и газовых месторождений»
Российская Федерация, 452607, Республика
Башкортостан, г. Октябрьский, ул. Девонская, 54 а
тел. (34767) 6-60-30
e-mail: elikaza@mail.ru

• Габдрахманов Нурфаяз Хабибрахманович, д-р
техн. наук
Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский
государственный нефтяной технический
университет» в г. Октябрьский
Профессор кафедры «Разведка и разработка
нефтяных и газовых месторождений»
Российская Федерация, 452607, Республика
Башкортостан, г. Октябрьский, ул. Девонская, 54 а
тел. (34767) 6-60-30

The Authors

• Khasanova Alybina I.
Oktyabrskiy Affiliate of Ufa State Petroleum
Technological University FSBEI HPE
Student of BGR 12-11 Group
54 a, Devonskaya str., Oktyabrskiy, Republic
of Bashkortostan, 452607, Russian Federation
tel: (34767) 6-60-30
e-mail: elikaza@mail.ru

• Almukhametova Elvira M., Candidate of Technical
Sciences
Oktyabrskiy Affiliate of Ufa State Petroleum
Technological University FSBEI HPE
Assistant Professor of Exploration and Exploitation
of Oil and Gas Fields Chair
54 a, Devonskaya str., Oktyabrskiy, Republic
of Bashkortostan, 452607, Russian Federation
tel: (34767) 6-60-30
e-mail: elikaza@mail.ru

• Gabdrakhmanov Nurfayaz Kh., Doctor of Technical
Sciences
Oktyabrskiy Affiliate of Ufa State Petroleum
Technological University FSBEI HPE
Professor of Exploration and Exploitation of Oil
and Gas Fields Chair
54 a, Devonskaya str., Oktyabrskiy, Republic
of Bashkortostan, 452607, Russian Federation
tel: (34767) 6-60-30