

ПРОВЕДЕНИЕ КИСЛОТНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА НА СКВАЖИНЕ № 407 ПРИОБСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. ВЫБОР СКВАЖИН-КАНДИДАТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КИСЛОТНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Штырлов Ю.В. Email: Shtyrlov644@scientifictext.ru

*Штырлов Юрий Владимирович – бакалавр,
направление: нефтегазовое дело,
кафедра нефтегазового дела и сервиса, инженерно-физический факультет высоких технологий,
Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск*

Аннотация: данная работа посвящена теме: «Проведение кислотного гидроразрыва пласта на скважине № 407 Приобского месторождения. Выбор скважин-кандидатов для проведения кислотного ГРП». В данной публикации предложены мероприятия по использованию кислотного гидравлического разрыва пласта для интенсификации притока нефти на Приобском нефтяном месторождении. Решены задачи данной работы: Выбрана технология кислотного гидравлического разрыва пласта. Предложен порядок проведения кислотного гидравлического разрыва пласта на скважине 407 Приобского месторождения. Рассмотрены параметры гидравлического разрыва пласта. Спрогнозировано увеличение дебита скважины № 407 после кислотного гидравлического разрыва пласта. Рассчитаны технико-экономические показатели.
Ключевые слова: АСПО-асфальтосмолопарафиновые отложения, ПЗП-призабойная зона пласта, КВД-кривая восстановления давления, ГТМ – геолого-технические методы, ГРП – гидравлический разрыв пласта.

CONDUCTING ACID FRACTURING AT WELL NO. 407 OF PRIOBSCOYE OIL FIELD. SELECTION OF CANDIDATE WELLS FOR ACID FRACTURING Shtyrlov Yu.V.

*Shtyrlov Yuri Vladimirovich – Bachelor,
DIRECTION: OIL AND GAS BUSINESS,
DEPARTMENT: OIL AND GAS BUSINESS AND SERVICE, FACULTY OF ENGINEERING AND PHYSICS,
ULYANOVSK STATE UNIVERSITY, ULYANOVSK*

Abstract: this work is devoted to the topic: "Conducting acid fracturing at well No. 407 of Priobskoye field. Selection of candidate wells for acid fracturing». This publication suggests measures for the use of acidic hydraulic fracturing to intensify the flow of oil in the Priobskoye oil field. The tasks of this work have been solved: The technology of acidic hydraulic fracturing of the formation was chosen. The order of conducting acidic hydraulic fracturing of the formation at well 407 of the Priobskoye field is suggested. The parameters of hydraulic fracturing are considered. The increase in the production rate of well № 407 was predicted after acidic hydraulic fracturing of the formation. Technical and economic indicators are calculated.
Keywords: AFS-asphalt-resin-paraffin deposits. PZP-bottomhole formation zone. KVD-pressure recovery curve, GTM - geological and technical methods. Hydraulic fracturing.

УДК 3179

Скважина, на которой будет проводиться КГРП, должна удовлетворять следующим требованиям:

- конструкция скважины должна соответствовать техническим и технологическим требованиям к проведению КГРП: удовлетворительное состояние цементного камня в интервале перфорации +20 м, герметичность и отсутствие заколонных перетоков в эксплуатационной колонне;
 - расстояние до нагнетательной скважины не менее 400 метров;
 - скважина не должна находиться вблизи уровня ВНК или ГНК;
 - эффективная толщина пласта не менее 3 м;
 - скважина должна иметь ухудшенную призабойную зону пласта;
 - в зоне дренирования скважины должна быть высокая плотность извлекаемых запасов;
 - у скважины должна быть отрицательная динамика коэффициента продуктивности за последние годы эксплуатации;
- рекомендуемое пластовое давление по скважине не
- должно быть ниже 0,9 от начального давления по залежи, но в отдельных случаях, допускается более низкое значение текущего пластового давления, но не ниже давления насыщения нефти газом;
 - текущая обводненность скважины-кандидата должна быть не более 50%.

На рисунке 1 приведена динамика коэффициента продуктивности скважин-кандидатов, удовлетворяющих выше перечисленным критериям с учетом конструкции скважины и состояния колонны. Стоит отметить, что на данном рисунке отражены лишь те скважины, в которых наблюдается отрицательная динамика коэффициента продуктивности.

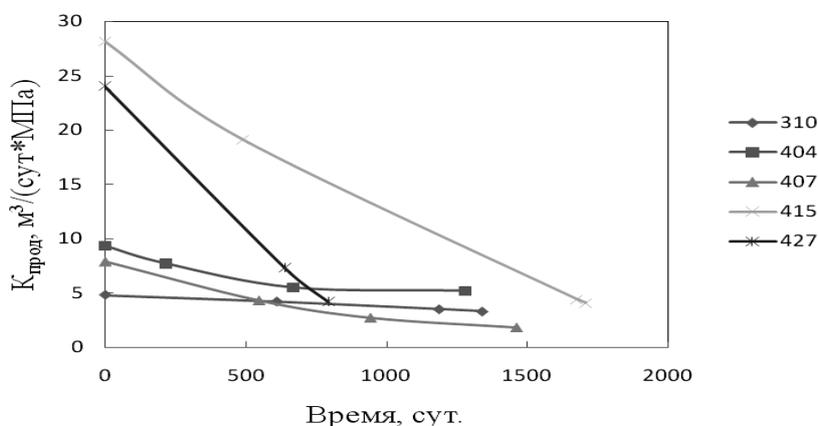


Рис. 1. Динамика коэффициента продуктивности скважин-кандидатов

Как видно из рисунка 1, наиболее резкое снижение коэффициента продуктивности наблюдается у скважин № 415, 427, 407 и 404.

Далее необходимо проанализировать текущий дебит скважин, у которых наблюдается отрицательная динамика по коэффициенту продуктивности:

- скв № 404 работает с дебитом 19 т/сут, достаточно высоким по сравнению с соседними скважинами;
- скв № 407 работает с дебитом 2 т/сут, необходимо провести анализ КВД и оценить текущее состояние ПЗП;
- скв № 415 работает с дебитом 23 т/сут, достаточно высоким относительно дебита соседних скважин;
- скв № 427 работает с дебитом 10 т/сут, необходимо провести анализ КВД и оценить текущее состояние ПЗП.

Расчет параметров гидроразрыва пласта

Данные, необходимые для расчета параметров проведения ГРП и параметров трещины, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры скважины-кандидата

Показатель	Обозначение	Величина	Размерность
Глубина скважины	$L_{скв}$	1902	м
Диаметр НКТ внут.	$d_{нкт}$	0,072	м
Вскрытая толщина пласта	H	20	м
Средняя проницаемость	K	$0,039 \cdot 10^{-12}$	$м^2$
Модуль упругости пород	E	$2 \cdot 10^{10}$	Па
Коэффициент Пуассона	ν	0,3	
Средняя плотность пород над продуктивным горизонтом	ρ_n	2400	$кг/м^3$
Плотность жидкости разрыва	$\rho_{жр}$	1000	$кг/м^3$
Вязкость жидкости разрыва	μ	150	$мПа \cdot с$

По формуле найдем вертикальную составляющую горного давления на уровне забоя скважины:

$$P_{гв} = 2400 \cdot 9,81 \cdot 1902 = 44,78 \text{ МПа}$$

Найдем горизонтальную составляющую горного давления: 19,19 МПа

В данных условиях, образуется вертикальная трещина, т.к. горизонтальная составляющая горного давления намного меньше вертикальной [1].

Для закачки жидкости разрыва и кислотного раствора будет использоваться агрегат НУ-2250. Объем жидкости разрыва, которую необходимо закачать в пласт $V_{треб} = 30 \text{ м}^3$. Время, за которое необходимо закачать данный объем жидкости разрыва $t_{зак} = 25 \text{ мин}$. Следовательно, должен быть обеспечен темп закачки:

В данных условиях, образуется вертикальная трещина, т.к. горизонтальная составляющая горного давления намного меньше вертикальной.

Для закачки жидкости разрыва и кислотного раствора будет использоваться агрегат НУ-2250. Объем жидкости разрыва, которую необходимо закачать в пласт $V_{\text{треб}}=30 \text{ м}^3$. Время, за которое необходимо закачать данный объем жидкости разрыва $t_{\text{зак}}=25 \text{ мин}$. Следовательно, должен быть обеспечен темп закачки 3.3:

$Q_{\text{мин}}=$; где

$V_{\text{треб}}$ - объем жидкости разрыва;

$t_{\text{зак}}$ - время закачки жидкости.

В качестве жидкости разрыва будет использован гель на водной основе плотностью $\rho_{\text{ж.р.}}=930 \text{ кг/м}^3$ и вязкостью $\mu_{\text{ж.р.}}=150 \text{ мПа}\cdot\text{с}$.

Рассчитаем забойное давление разрыва по формуле (1)

$$\frac{P_{\text{забр}}}{P_{\text{гг}}} \left(\frac{P_{\text{забр}}}{P_{\text{гг}}} - 1 \right)^3 = 5,25 \frac{1}{(1 - \nu^2)^2} \cdot \left(\frac{E}{P_{\text{гг}}} \right)^2 \cdot \frac{Q \mu_{\text{жр}}}{P_{\text{гг}} \cdot V_{\text{жр}}}$$

где

$P_{\text{забр}}$ - забойное давление разрыва;

$P_{\text{гг}}$ - горизонтальная составляющая горного давления;

ν - коэффициент Пуассона;

- Модуль упругости пород;

$\mu_{\text{жр}}$ - вязкость жидкости разрыва;

- темп закачки;

$$\frac{P_{\text{забр}}}{19,19 \cdot 10^6} \left(\frac{P_{\text{забр}}}{19,19 \cdot 10^6} - 1 \right)^3 = 5,25 \frac{1}{(1 - 0,3^2)^2} \cdot \left(\frac{6,36 \cdot 10^{10}}{19,19 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot \frac{0,035 \cdot 0,15}{19,19 \cdot 10^6}$$

Получаем забойное давление разрыва $P_{\text{забр}}=20,58 \text{ МПа}$.

Режим течения жидкости разрыва по НКТ определяется исходя из отношения фактической скорости течения к критической. Критическая скорость течения определяется по следующей формуле (2)

$$v_{\text{кр жр}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{\tau_{\text{жр}}}{\rho_{\text{жр}}}}$$

где

где $\tau_{\text{жр}}$ – предельное напряжение сдвига:

$$\tau_{\text{жр}} = 8,5 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{\text{жр}} - 7 = 8,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 - 7 = 1,5 \text{ Па.}$$

$$v_{\text{кр жр}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{1,5}{1000}} = 0,97.$$

Фактическая скорость течения жидкости разрыва в НКТ определяется по формуле (3)

$$v_{\text{жр}} = \frac{Q}{F},$$

где

Q - темп закачки жидкости;

F - Пи*внутренний диаметр НКТ;

$$v_{\text{жр}} = \frac{4 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 0,072^2} = 4,9 \text{ м/с.}$$

Учитывая режим течения, потери на трение при движении жидкости разрыва по насосно-компрессорным трубам рассчитываются по формуле, где

$\rho_{жр}$ -плотность жидкости разрыва;

ν - коэффициент Пуассона;

$d_{НКТ}$ - внутренний диаметр НКТ;

8,3 МПа.

Чтобы рассчитать необходимое для гидроразрыва устьевое давление воспользуемся следующей формулой (4)

$$P_y = P_{заб р} - L_{скв} \rho_{жр} g +,$$

$P_{заб р}$ -забойное давление разрыва;

$L_{скв}$ - глубина скважины;

$\rho_{жр}$ - плотность жидкости разрыва;

-потери на трение жидкости разрыва;

$$P_y = 20,58 \cdot 10^6 - 1902 \cdot 930 \cdot 9,81 + 8,3 \cdot 10^6 = 22,5 \text{ МПа.}$$

По рабочей характеристике насоса УН-2250 видно, что максимальный расход при рабочем давлении 22,5 МПа составляет 0,03 м³/с [2]. Тогда количество насосных агрегатов, необходимых для мероприятия:

Q - расход;

$$N = \frac{0,02}{0,03} + 1 = 1,66.$$

Округлив полученное число в большую сторону, можно сделать вывод, что для данного мероприятия необходимо 2 насосных агрегата.

Длина полученной трещины по формуле, где

V - объем жидкости;

- модуль упругости пород;

- забойное давление;

$P_{гг}$ -горизонтальная составляющая горного давления;

ν - коэффициент Пуассона;

$$l = \sqrt{\frac{63 \cdot 6,36 \cdot 10^{10}}{5,6(1 - 0,3^2)22(20,06 - 19,04) \cdot 10^6}} = 84 \text{ м.}$$

Ширина трещины, где

ν - коэффициент Пуассона;

- забойное давление;

$P_{гг}$ - горизонтальная составляющая горного давления;

- модуль упругости пород;

$$\omega = \frac{4(1 - 0,3^2) \cdot 158 \cdot (20,58 - 19,19) \cdot 10^6}{6,36 \cdot 10^{10}} = 6,7 \text{ мм.} \quad (5)$$

После создания трещины под давлением, выше

• + H₂O + CO₂;

• Взаимодействие с доломитом: 4HCl + CaMg(CO₃)₂ = CaCl₂ + MgCl₂ + 2H₂O + CO₂.

Продукты данных реакций хорошо растворимы и выносятся из призабойной зоны в процессе освоения скважины. давления разрыва, циклически закачивается кислота с замедлителем реакции и разъедает породу вдоль трещины.

Кислота взаимодействует с карбонатными породами, известняком и доломитом. [3]. При этом протекают следующие химические реакции:

Взаимодействие с известняком: 2HCl + CaCO₃ = CaCl₂

В качестве закрепляющего материала будет использоваться осмоленный проппант плотностью 2,9 г/см³, что снизит вынос проппанта в процессе эксплуатации скважины после проведения КГРП. В

качестве несущей жидкости используется водный гель «Химеко-В». Исходя из объема трещины, вдавливания в породу и утечки необходимо закачать 24 тонны проппанта. Закачка проппанта будет осуществляться двумя порциями: 6 тонн проппанта фракции 12/18 и 18 тонны проппанта фракции 20/40.

Теперь рассчитаем количество несущей жидкости для каждой фракции проппанта с учетом того, что удельная масса проппанта на 1 м³ жидкости

$$V_{ж12/18} = 6000/400 = 6,6 \text{ м}^3$$

составляет в среднем 900 кг.

$$V_{ж20/40} = 18000/400 = 20 \text{ м}^3$$

Общий объем несущей жидкости равен 26,6 м³

Положительный эффект от применения КГРП с закрепляющим материалом (проппантом) наблюдается 30 месяцев. Накопленная добыча за это время составит 6426 тонны нефти.

Список литературы / References

1. *Мищенко И.Т.* Расчеты в добыче нефти. М.: Недра, 1989. 242 с.
2. *Мищенко И.Т.* Скважинная добыча нефти. М.: Нефть и газ, 2003. 816 с.
3. *Лутошкин Г.С.* Сбор и подготовка нефти, газа и воды к транспорту. М.: Недра, 1972. 140 с.
4. *Зиновьев Ю.С.* Основы нефтегазового дела. АГТУ, 2001. 196 с.
5. *Каневская Р.Д.* Зарубежный и отечественный опыт применения гидроразрыва пласта. Москва: ВНИИОЭНГ, 1998. 40 с.
6. *Кудинов В.И., Сучков Б.М.* Методы повышения производительности скважин. Самара: Кн. изд-во, 1996. 414 с.