

622.246.6(043)
У93

На правах рукописи

УШАКОВ АРТЕМ СЕРГЕЕВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА
ПЛАСТА НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ДОБЫЧИ НЕФТИ В СКВАЖИНАХ
С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ОКОНЧАНИЕМ**

Специальность 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

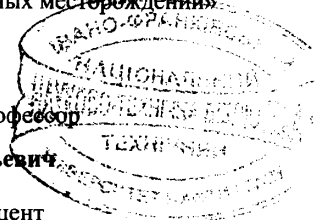
Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень – 2010

622.276.6 (043)

У 93

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет» (ТюмГНГУ) Федерального агентства по образованию на кафедре «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений»



Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Телков Александр Прокофьевич

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, доцент
Сохошко Сергей Константинович
- кандидат технических наук
Тимчук Александр Станиславович

Ведущая организация - Открытое акционерное общество «Сибирский научно-исследовательский институт нефтяной промышленности» (ОАО «СибНИИНП»)

Защита состоится 3 июля 2010 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д.212.273.01 при ТюмГНГУ по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, 38.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотечно-информационном центре ТюмГНГУ по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72 а, каб. 32.

Автореферат разослан 3 июня 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

Г.П. Зозуля



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время одной из нерешенных научно – технических проблем на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» признано отсутствие научного обоснования направления развития трещины при гидроразрыве пласта (ГРП) и параметров этого технологического процесса в горизонтальной скважине (ГС), которая, как известно, являются несовершенной и ее исследование относится к числу сложных задач подземной гидромеханики. Причем после проведения ГРП при моделировании технологического процесса поведения работы скважины необходимо оценить и учесть фильтрационные сопротивления, вызванные характером вскрытия, также провести гидродинамические исследования.

При проектировании ГРП в ГС применяются стандартные пакеты программ (типа «Eclipse», «VIP», «Tempest-More» и др.). Структура их программно - информационного обеспечения трехмерного гидродинамического моделирования не позволяет детально исследовать в явном виде технологические процессы интенсификации добычи при эксплуатации ГС. Поэтому эффективность операций не соответствует проектным данным и расхождение составляет до 30 % и более. Кроме того в них также не уделяется должное внимание уникальному напряженному состоянию пород в призабойной зоне. Направление образующейся трещины может отличаться от теоретического направления ее распространения преимущественно перпендикулярно к плоскости, в которой главное напряжение в пластовой породе минимально, если только не встретится локальное нарушение непрерывности.

Многие проблемы, связанные с использованием горизонтальных стволов с гидравлическими трещинами разрыва остаются недостаточно изученными. Например, не получил должного обоснования весьма важный параметр – эффективный радиус горизонтальной скважины r_w' , который необходим для прогнозирования оптимальной высоты поперечной трещины контактирующей с

ак 2111 - 2112

горизонтальным стволом; требуется наиболее четкая методика интерпретации результатов гидродинамических исследований и определения оптимальной продолжительности дебитов ГС после ГРП. Мало уделено внимания проведению ГРП в горизонтальных стволах для мощных высокопроницаемых пластов и создаваемым продольным трещинам вдоль горизонтального ствола. Очень важной задачей является выбор кандидата – скважины для проведения поинтервального ГРП в горизонтальном стволе.

Цель работы

Интенсификация добычи нефти с применением гидравлического разрыва пласта в горизонтальных скважинах, обоснованного математическим гидродинамическим моделированием основных параметров притока жидкости.

Основные задачи исследования

1. На основе анализа практики применения ГРП в ГС выявление и оценка факторов, влияющих на ГРП и его эффективность в горизонтальных стволах скважин месторождений Западной Сибири, дренирующих пласты, как с низкой проницаемостью, так и мощные коллектора с высокой проницаемостью.

2. Усовершенствование методики прогнозирования оптимальной высоты поперечных трещин ГРП в горизонтальных стволах и рентабельных дебитов во времени.

3. Разработка усовершенствованной гидродинамической модели фильтрации пластовой жидкости в системе «пласт-трещина-скважина».

4. Разработка и внедрение методики выбора горизонтальных скважин-кандидатов для проведения в них ГРП.

Научная новизна выполненной работы

1. Предложено сравнительную эффективность использования горизонтального ствола с поинтервальными трещинами разрыва и вертикальной скважиной с вертикальной трещиной разрыва производить исходя из сопоставления их проводимостей и использования эффективного радиуса горизонтального ствола.

2. Разработана четкая методика моделирования ГРП в горизонтальных стволах и дана оценка ее эффективности по сравнению с вертикальной трещиной в вертикальной скважине на реальном примере.

3. Установлено, что высокая технологическая эффективность ГРП в горизонтальных стволах, прежде всего, связана с подключением в работу застойных тупиковых зон, линзовидных и фрактальных участков продуктивного коллектора, что, несомненно, способствует повышению нефтеотдачи пласта.

4. Установлено, что наиболее эффективно проводить поинтервальный ГРП в начале горизонтального ствола, с учетом критического значения линейного размера трещины, зависящего от ее проницаемости и ширины выше которого наблюдается снижение дебита по отношению к дебиту трещины.

5. Для нефтяных месторождений Западной Сибири разработана методика выбора скважин кандидатов для проведения поинтервального гидравлического разрыва пласта в горизонтальных скважинах, вскрывших как низкопроницаемые маломощные пласты, так и высокопроницаемые пласты большой толщины.

Практическая ценность и реализация

Полученные аналитические зависимости по усовершенствованию методики прогнозирования эффективных параметров трещин ГРП в горизонтальных стволах и прогнозирование рентабельных дебитов во времени, позволили обосновать подбор ГС для проведения ГРП на скважинах месторождений ОАО «Сургутнефтегаз» и ОАО «Газпромнефть – Ноябрьскнефтегаз» (Средне – Итурское месторождение, объект БС₁₂, Западно-Ноябрьское месторождение, объект БС₁₂) на которых получена дополнительная добыча более 30 тыс. тонн, а средняя продолжительность эффекта составила 1,5 года.

Апробация результатов работы

Результаты диссертационной работы и ее основные положения

докладывались и обсуждались: на шестой региональной научно – практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии нефтегазовому региону» (Тюмень, 2007 г); на Международной академической конференции Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири (Тюмень, 2008-2009 гг); на Международном симпозиуме им. академика Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2010 г); на научно – технических советах ООО «Salym Petroleum Development», в ТО «СургутНИПИнефть», на семинарах кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений» ТюмГНГУ (2007 – 2010 гг.).

Публикации

Результаты выполненных исследований отражены в 8 печатных работах, в том числе в трех изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура работы

Диссертационная работа изложена на 123 страницах машинописного текста, содержит 26 таблиц, 63 рисунка. Состоит из введения, четырех разделов, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 69 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, определены основные направления исследований.

В первом разделе представлены результаты анализа технологий повышения эффективности эксплуатации горизонтальных стволов. Считается, что основным назначением горизонтального ствола и ГРП является вовлечение в дренирование наибольших объемов пласта. Однако сочетание вскрытия продуктивного пласта горизонтальным стволом или несколькими стволами с

последующим проведением одного или нескольких ГРП в них является новым подходом к интенсификации добычи нефти.

Для проведения операции ГРП в горизонтальных стволах разработано значительное количество технологий и технического оборудования, которые по принципу воздействия на пласт можно разделить на две группы. Первая – разрыв пласта, при котором проводится ГРП после установки пакеров над интервалом входа горизонтального ствола в пласт, при этом процесс и направление создаваемой трещины не контролируется. Вторая группа технологий позволяет создавать трещины в заданном интервале ствола.

В работе представлен анализ технологии, используемых на месторождениях Западной Сибири. Например, технология «StageFRAC» фирмы «Shlumberger», которая обеспечивает выполнение многостадийных операций ГРП в необсаженном стволе одной скважино-операцией. При этом пакеры спускаются в необсаженный ствол скважины в стандартной эксплуатационной колонне и разделяют продуктивный пласт на интервалы гидравлическими муфтами, расположенными между каждым комплектом пакеров. Известная технология «SurgiFrac» компании «Halliburton», которая позволяет провести гидроразрыв практически в любом месте горизонтального ствола. Например, при заканчивании скважины множество мелких и больших трещин можно создать последовательно (или одновременно), начиная от конца и до начала горизонтального участка. Большие успехи в развитии технологии ГРП в ГС сделаны в ОАО «Сургутнефтегаз», специалистами которого предложена технология селективного ГРП, предполагающая селективное создание трещин. Предварительной гидропескоструйной резкой колонны обеспечивается образование серии каверн в заколонном пространстве, повышение в них давления и инициации разрыва пласта. Энергия давления смеси жидкости и песка, движущейся в колонне НКТ, трансформируется в соплах насадок перфоратора в кинетическую энергию скоростной струи. В образованной полости скорость струи снижается, статическое давление возрастает и при

определенных параметрах струи и давления достигает значения, достаточного для инициации трещины. Получаемые из серии отверстий перфоратора трещины формируют общую трещину, поэтому путем соответствующего размещения перфорационных отверстий обеспечивается возможность точного позиционирования интервала начала развития трещины и управление ее ориентацией.

Несмотря на постоянное совершенствование технологий ГРП в ГС опыт их практического применения показал, что не все операции являются успешными. Например, в северо-восточной части пласта БП₁₄ Тарасовского месторождения ОАО «РН-Пурнефтегаз» был выбран участок с четырьмя горизонтальными скважинами (скв. 266, 268, 781 и 782), находящимися в схожих геологических условиях, на которых проведен ГРП по технологии «SurgiFrac» и неориентируемый ГРП. Проведение ГРП позволило повысить дебит каждой скважины. Дополнительная добыча нефти за счет ГРП представлена в таблице 1. Наибольшая кратность прироста безразмерного коэффициента продуктивности J_D получена при использовании технологии «SurgiFrac» в скв.266, наибольшие прирост дебита и дополнительная добыча нефти - при использовании технологии неориентируемого ГРП в скв. № 781. В целом на данном участке Тарасовского месторождения эффективны обе технологии.

Таблица 1 - Дополнительная добыча нефти за счет ГРП

Номер скважины	Дата проведения ГРП	Технология	Прирост дебита, т/сут	Доп. добыча нефти, тыс. т.	Кратность прироста коэффициента J_D
266	20.10.06	SurgiFrac	33	8,4	6,1
782	28.12.06		21	6,1	3,1
268	24.11.06	неориентируемый ГРП	32	7,9	3,2
781	18.11.06		40	11,8	5,1

Очевидно, что неудача операций, связана с тем, что при проектировании не учтено уникальное напряженное состояние пород в призабойной зоне. Сделаны предположения о том, что иницирование и распространение

трещины будут такими же, как и в призабойной зоне вертикальной скважины. Однако направление образующейся трещины будет существенно отличаться от проектного направления ее распространения (преимущественно перпендикулярно к плоскости, в которой главное напряжение в пластовой породе минимально, если только не встретится локальное нарушение непрерывности). Следовательно, образующиеся трещины не обязательно будут плоскими; при иницировании их направление определяется динамическим взаимодействием между превалирующими условиями на стенке скважины и вязкостно-скоростными характеристиками жидкости, закачиваемой в процессе обработки, а направление распространения трещин перпендикулярно к составляющей тензора минимальных напряжений породы.

Другой важный аспект того, что для проектирования траектории в направлении, параллельном минимальному горизонтальному напряжению, являющемуся составляющей тензора напряжений в пластовых породах, вполне достаточно определить этот тензор. Затем в результате осуществления последовательных операций по установке изолирующих пакеров и созданию давления должна иницироваться серия поперечных трещин. Упрощенные решения, базирующиеся на теории упругости, допускают, что вне зависимости от ориентации и азимутального направления ствола скважины существует общая тенденция иницирования трещины вдоль стенки скважины при ее заканчивании с открытым стволом. В дальнейшем происходит переориентация этой трещины в направлении более благоприятном для ее распространения. По мере распространения трещины дальше от ствола скважины она будет разворачиваться, чтобы занять положение, перпендикулярное к направлению действия минимального главного напряжения.

Таким образом, при бесконтрольном воздействии на протяженные пласты с высокой расчлененностью и изменчивостью фильтрационных параметров прослоев, а также с наличием в разрезе водонасыщенных пропластков, существует риск преждевременного обводнения скважин после ГРП и,

возможно, полной их потери для разработки. Применение неориентируемого ГРП можно рассматривать лишь как вовлечения в дренирование наибольших (но далеко не эффективных) объемов пласта.

Во втором разделе приведены результаты исследования аналитических решений по оценке производительности горизонтальных скважин после ГРП.

Исследования в области технологий гидроразрыва пласта в ГС а также оценки эффективности таких операций впервые отражены в работах Мак Гуайера и Сикоры. В дальнейшем этими проблемами занимались как отечественные, так и зарубежные ученые: С.Д. Джоши, М.И. Экономидес, А.М. Дамгард, Мухереджи, Прэтс, Синко, Саманиего, К.М. Федоров, Л.М. Кочетков, В.Н. Журба, Г.А. Малышев, А. В. Желудков, Р.И. Медведский, И.Р. Мукминов, А.М. Хайдар и др.

Мак Гуайер и Сикора в 60-е года впервые разработали методику сопоставления коэффициентов продуктивности скважин до и после ГРП что послужило основанием для прогнозирования поведения скважин после ГРП. Большой вклад в моделирование трещин с конечной проводимостью в горизонтальных скважинах внес Прэтс (1962 г), предложив аппроксимировать приток к горизонтальной скважине притоком к цилиндрической скважине с эффективным радиусом горизонтального ствола, и построил зависимость эффективного радиуса r_w^* в зависимости от параметра относительной емкости a (рисунок 1).

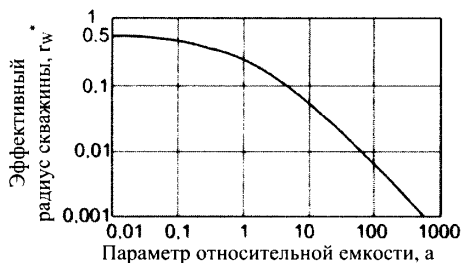


Рисунок 1 - Зависимость эффективного радиуса ствола скважины (согласно Прэтсу)

Где
$$a = \frac{\pi}{2F_{CD}}, \quad (1)$$

где F_{CD} - относительная проводимость трещины, определяемая как

$$F_{CD} = \frac{K_f \omega}{K X_f}, \quad (2)$$

где K_f - проницаемость трещины, 10^{-3} м^2 ; ω - ширина трещины, м; K - проницаемость пласта, 10^{-3} м^2 ; $X_f = L$ - длина трещины, м.

Кроме того, Прэтс ввел понятие безразмерного эффективного радиуса горизонтального ствола

$$r_{wD}^* = \frac{r_w^*}{X_f} \quad (3)$$

Из графика (рисунок 1) видим при $a \rightarrow 0$ (трещина бесконечной проводимости) ограниченное значение безразмерного эффективного радиуса составляет $r_{wD}^* = 0,5$. Следовательно, для трещин с высокой проводимостью размерный эффективный радиус ствола скважины эквивалентного вертикальной трещины разрыва составит

$$r_w^* = \frac{X_f}{2} \quad (4)$$

Для трещин малой проводимости ($a < 6$) рисунок 1 отражает линейную зависимость, тогда безразмерный и размерный эффективные радиусы записываются

$$r_{wD} = \frac{K_f \omega}{4K X_f} \quad \text{или} \quad r_w^* = \frac{K_f \omega}{4K} \quad (5)$$

При полном развитии потока в трещине отмечается несколько видов потоков, которые указаны на рисунке 2. После точной идентификации режимов строят специализированные графики, позволяющие рассчитывать параметры трещины для билинейного потока. График зависимости перепада давления ΔP от времени \sqrt{t} рисунок 3.

По тангенсу угла наклона прямолинейного участка можно определить коэффициент проницаемости трещины. Для коллекторов низкой

проницаемости время выхода на асимптотическую прямую зависит от влияния притока жидкости в скважину после остановки ее на исследование. В этом случае время восстановления оказывается настолько большим, что не позволяет исследовать скважину традиционными методами. Майкл Дж. Экономидис, Кеппет Г.Нольте предлагают прогнозировать эффективную полудлину вертикальной полутрещины в зависимости от эффективной толщины пласта и безразмерных проводимостей графическим путем. В работе аналитическим путем было установлено, что графический метод дает завышенные результаты по определению длины полутрещины.

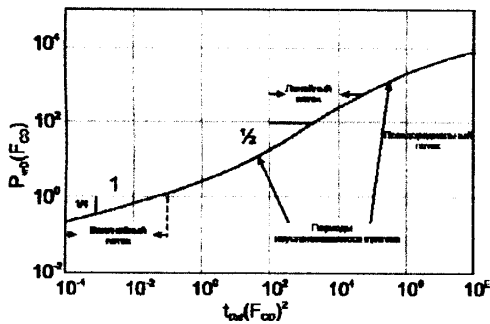


Рисунок 2 - Изменение давления в логарифмических координатах при полностью развитом потоке

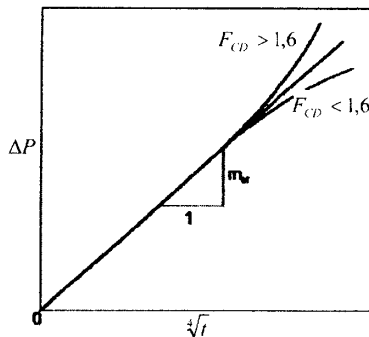


Рисунок 3 - Декартов график билинейного потока

Ухудшение гидравлической связи между трещиной и скважиной был описан Мухереджи и Экономайдесом (1988) посредством введения понятия

«скин-эффект» от «штуцера» (S_{ch}). Наименьший контакт наблюдается, когда трещина и ствол скважины строго ортогональны. В этом случае наибольший «скин-эффект» характеризуется формулой:

$$S_{ch} = \frac{Kh}{K_f \omega} \left[\ln \frac{h}{2r_w} - \frac{\pi}{2} \right], \quad (6)$$

Скин-эффект S_{ch} - это дополнение к безразмерному давлению для каждой отдельной трещины:

$$P'_d = P_d + S_{ch} = \frac{Kh}{141,2qB\mu}, \quad (7)$$

где, K_f - коэффициент проницаемости трещины, мД; K - коэффициент проницаемости пласта, мкм²; h - толщина пласта, м; q - дебит скважины, м³/сут; B - объемный коэффициент; μ - коэффициент абсолютной вязкости нефти в пластовых условиях, мПа * с; ω - ширина трещины, м.

Безразмерное давление P_d может быть получено из решения Синко-Лей и Саманиго. На рисунке 4 представлен пример вертикальной скважины с трещиной и горизонтальной скважины с четырьмя ортогональными трещинами.

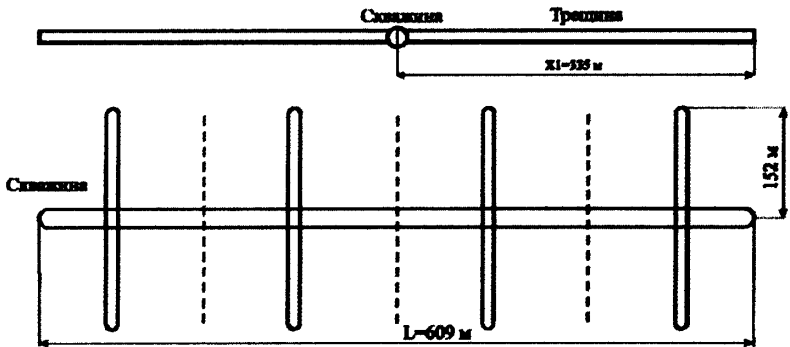


Рисунок 4 - Конфигурация вертикальной скважины (вертикальной трещины и горизонтальной скважины с четырьмя поперечными вертикальными трещинами)

С учетом скин-эффекта от «штуцера» рассчитаны дебиты вертикальной скважины с вертикальной трещины и горизонтальной скважины с

ортогональной вертикальной трещиной в условиях низкопроницаемого пласта, используя эталонные кривые Экономидеса.

Принимаются следующие исходные данные:

$K = 1 \cdot 10^{-3}$ и $0,1 \cdot 10^{-3}$ мкм²; $K_f = 24$ мкм²; $h = 30,5$ м.; $\omega = 0,00635$ м.; $r_w = 0,124$ м.; $\phi = 0,15$; $\mu = 1$ мПа·с; $C_i = 10^{-5} \cdot (0,00703 \text{ МПа})^{-1}$ - коэффициент упругости пласта; $x_f = 152,5$ м. - длина полутрещины; $B = 1,1$ - объемный коэффициент; $P - P_{wf} = 7,03$ МПа - депрессия; $C_{Dr} = 10^{-4}$ - безразмерный коэффициент накопления. Параметр C_{Dr} еще называют коэффициентом притока в трещину, который используется при интерпретации КВД в скважинах с трещинами, имеющими конечную проводимость, с учетом влияния притока.

Произведя расчеты по приведенным формулам, получим соответствующие расходы, сведенные в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения расходов при различных параметрах

К, мкм ²	t, сут	q_1 (м ³ /сут)	q_2 (м ³ /сут)
$1 \cdot 10^{-3}$	10	68	48
$1 \cdot 10^{-3}$	180	50	43
$0,1 \cdot 10^{-3}$	10	60	49
$0,1 \cdot 10^{-3}$	180	10	9

Здесь:

q_1 - для вертикальной скважины с вертикальной трещиной разрыва с длиной полутрещины $x_f = 336$ м.; q_2 - для горизонтальной скважин с одной вертикальной поперечной трещиной разрыва $x_f = 153$ м. (см. рисунок 4)

Из таблицы 2 видно, дебиты q_1 и q_2 для пласта с коэффициентом проницаемости $K = 1$ мД за 180 суток работы скважин изменились незначительно, тогда как для с более низкой проницаемостью $K = 0,1 \cdot 10^{-3}$ мкм² изменение их существенное (q_1 изменяется от 60 до 10 м³/сут, q_2 изменяется от 49 до 9 м³/сут). Причем, повсеместно $q_1 < q_2$. Следовательно, преимущества создания поперечных вертикальных трещин разрыва через горизонтальные стволы очевидны, но необходимо обоснование на второй стадии интервала проведения ГРП.

В третьем разделе рассмотрена задача описания движения жидкости в горизонтальном стволе после проведения неориентированного гидравлического разрыва пласта, т.е. создание одной трещины значительной длины в интервале наименьшего давления.

На рисунке 5 представлена модель гидроразрыва пласта в начальной части горизонтального ствола скважины. Проводить гидроразрыв пласта, с созданием одной трещины эффективно как в начале горизонтального ствола, так и в удаленной его части, так как увеличивается зона дренирования пласта в обоих случаях одинаково, но после проведения ГРП в удаленной части ствола часть энергии жидкости теряется на преодоление сопротивления по всей длине горизонтального ствола скважины.

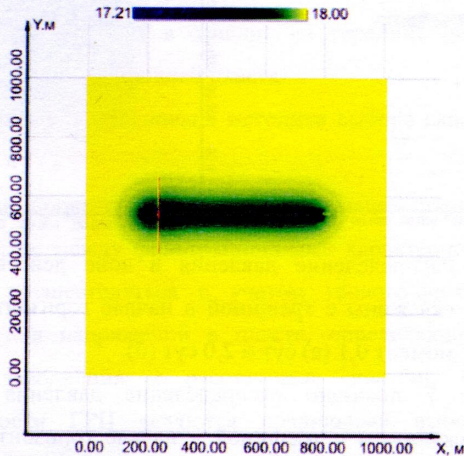


Рисунок 5 - Модель горизонтальной скважины после образования трещины в начале ствола.

В результате вычислительного эксперимента проследили динамику распределения поля давления (рисунок 6). На рисунке 6 показано распределение давления в изолиниях в скважине с горизонтальным стволом после проведения гидроразрыва пласта, по истечению 0,1 и 2 суток с момента запуска. Как видно вначале распределение давления по стволу носит

равномерный характер. По прошествии двух суток работы скважины характер распределения давления вдоль горизонтального ствола несколько изменился. В зоне образования трещины, выработка запасов происходит более интенсивно, о чем может свидетельствовать снижение давления по периметру трещины. Как видно контур питания скважины имеет форму правильного эллипса, то есть допущения, которые были приняты в аналитической модели удовлетворяют требуемым условиям точности.

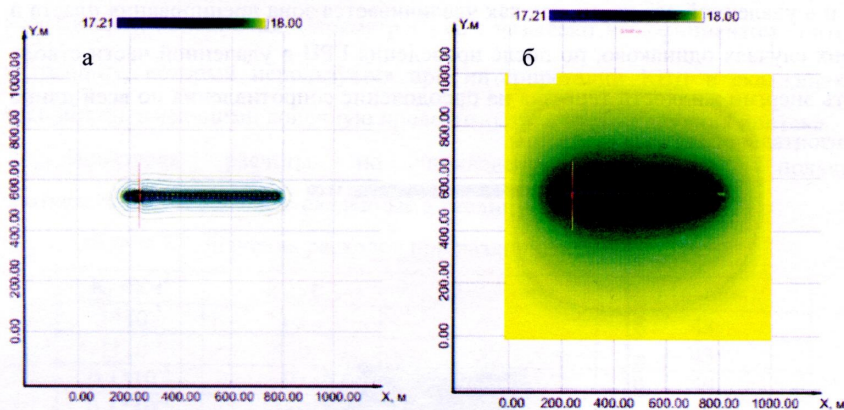


Рисунок 6 - Распределение давления в зоне действия горизонтальной скважины с трещиной в начале горизонтального участка на момент 0,1 (а) сут и 2,0 сут (б).

На рисунке 7 показано распределение давления в зоне действия горизонтальной скважины с трещиной в начале горизонтального участка на момент 5.0 сут. После работы на протяжении пяти суток контур питания так же остается в форме правильного эллипса. Концентрация напряжений происходит в районе трещины, что можно увидеть на рисунке 5 б в изолиниях.

На расстоянии 150 метров от ствола скважины (смещение вдоль контура питания), линии равных давлений во фронтальном разрезе пласта с горизонтальной скважиной после ГРП характер концентрации линий давления вокруг трещины и горизонтального ствола скважины, прослеживается так же по принципу суперпозиций.

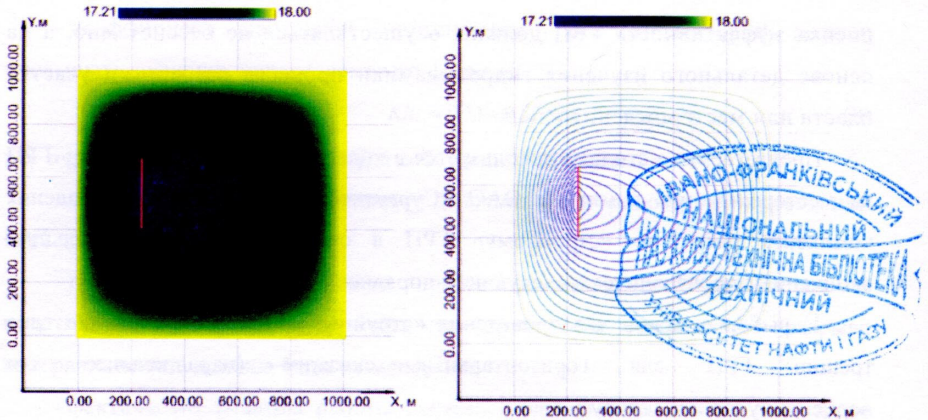


Рисунок 7 - Распределение давления в зоне действия горизонтальной скважины с трещиной в начале горизонтального участка на момент 5,0 сут в сечении на середине расстояния между скважиной и кровлей пласта.

В четвертом разделе обоснована методика выбора скважин-кандидатов для проведения ГРП в ГС.

Выбор ГС для проведения ГРП и оптимизация параметров трещин, обеспечивающая баланс между фильтрационными характеристиками пласта и трещины, должны осуществляться с учетом геолого-физических свойств объекта, распределения напряжений в пласте, определяющего ориентацию трещин, системы заводнения и расстановки скважин. Определяющими факторами успешности ГРП являются правильный выбор объекта для проведения операций, использование технологий гидроразрыва, оптимальной для данных условий, и обоснованный подбор скважин для обработки.

Практика применения ГРП и научно-исследовательские работы показывают, что эффект от проведения ГРП неодинаково проявляется в работе отдельных скважин, поэтому необходимо рассматривать не только прирост дебита каждой скважины вследствие гидроразрыва, но и влияние интерференции скважин, неоднородности пласта, энергетических возможностей объекта и др. Выбор скважин для обработок для обработок и

оценка эффективности ГРП должны осуществляться не бессистемно, а на основе детального изучения гидродинамики процесса разработки участка пласта или месторождения в целом.

Предлагаемая методика используется в ходе проведения «струйного» ГРП на месторождениях компании ОАО «Сургутнефтегаз». Порядок проведения комплекса работ по «струйному» ГРП в скважинах с горизонтальным окончанием производится в следующем порядке:

1) выбор скважин для проведения «струйных» ГРП и обоснование типа трещин ГРП для горизонтальных скважин (параллельные или перпендикулярные стволу);

2) обоснование интервалов ствола, из которых необходимо создание трещин ГРП.

3) определение геометрических параметров создаваемых трещин и оценка степени их влияния на продуктивность прослоев, в пределах которых они созданы;

4) проектирование технологии проведения «струйного» ГРП, разработка плана работ;

5) выполнение операций в соответствии с утвержденным планом.

Предварительный выбор объектов – кандидатов для проведения «струйных» ГРП в скважинах осуществляется с учетом геолого-физических свойств на основе следующих критериев:

- выработанность извлекаемых запасов не должна превышать 30 %;

- учет неоднородности пласта по простиранию и расчлененность по толщине, обеспечивающие высокую эффективность гидроразрыва за счет приобщения к разработке зон и пропластков, не дренируемых ранес;

- запас пластовой энергии и эффективную нефтенасыщенную толщину пласта, достаточные для значительного и продолжительного увеличения дебитов скважин после гидроразрыва и, следовательно, обеспечивающие окупаемость затрат на проведение ГРП;

- нефтенасыщенная толщина пласта должна быть не менее 3 м;

- коэффициент начальной нефтенасыщенности коллекторов должен превышать значение, определяемое по формуле

$$K_{ii} = 0.31 + 0.35\Delta\alpha_{iN} \quad (8)$$

где α_{iN} – относительная амплитуда собственной поляризации;

- отношение текущего пластового давления к начальному при проведении ГРП должно быть не менее 0,9;

- при проведении опытных работ толщина перекрывающих и подстилающих глинистых прослоев для проведения селективного разрыва интервала пласта должна быть не менее 3 м;

- фактические режимы работы скважин должны быть значительно ниже ожидаемых;

- выявление скважин с загрязненной призабойной зоной, которое осуществляется на основе промысловых данных.

- состояние цементного камня в заколонном пространстве на 20 м выше и ниже интервала перфорации при наличии водоносных прослоев должно быть хорошего качества.

Данная методика дает единый подход к созданию проектных документов по разработке месторождений с применением ГРП и может служить инструментом для выбора скважин для проведения гидроразрыва пласта на стадии предварительного анализа, так и на стадии детального геолого-гидродинамического моделирования.

На рисунке 8 представлены технологические показатели работы скважины № 387 Г, которая пробурена на объект БС₁₂ Средне – Итурского месторождения. Из графика видно, что после проведения ГРП 05.08.2006 г., что после проведения ГРП обводненность выросла с 3 % до 15 %. Однако следует отметить стабильное снижение дебита по нефти и незначительный рост обводненности, продолжительность эффекта от ГРП составила около двух лет, объем дополнительной добычи нефти составил 17,5 тыс тонн нефти.

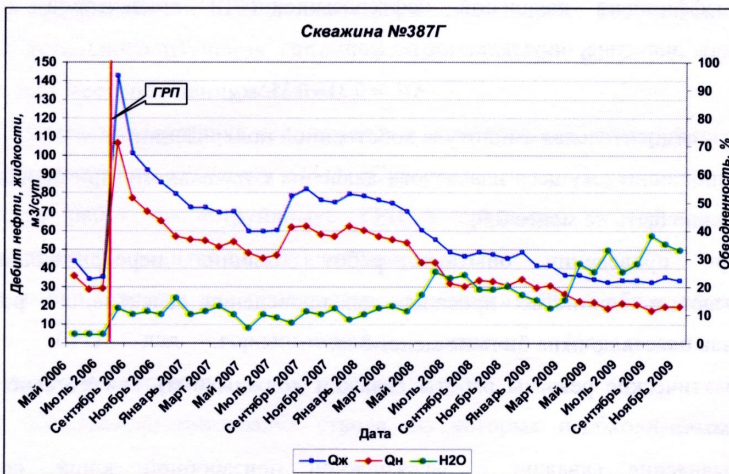


Рисунок 8 – Динамика дебита нефти, жидкости, обводненности.

По результатам работ по проведению ГРП, а также по показателям эксплуатации скважины №387Г можно сделать следующие выводы, что скважина-кандидат для проведения ГРП выбрана весьма успешно. Эффект от операций продолжался в течение двух лет, объем дополнительной добычи нефти составил около 17,5 тыс. т нефти, что является очень положительным как технологическим так и экономическим результатом.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1 Выявлено, что при моделировании гидроразрыва пласта в горизонтальной скважине не учитывается уникальное напряженное состояние пород в пристволенной зоне. В известных программных продуктах приняты допущения о том, что инициирование и распространение трещины будут такими же, как и в призабойной зоне вертикальной скважины. Направление образующейся трещины будет существенно отличаться от теоретически применяемого направления ее распространения преимущественно перпендикулярно к плоскости, в которой главное напряжение в пластовой породе минимально, если только не встретится локальное нарушение непрерывности.

2 Выявлено, вне зависимости от ориентации и азимутального направления ствола скважины существует общая тенденция инициирования трещины вдоль стенки скважины при ее заканчивании с открытым стволом. В дальнейшем происходит переориентация этой трещины в направлении более благоприятном для ее распространения. По мере распространения трещины дальше от ствола скважины она будет разворачиваться, чтобы занять положение, перпендикулярное к направлению действия минимального главного напряжения.

3 Предложено сравнительную эффективность использования горизонтального ствола с поинтервальными трещинами разрыва и вертикальной скважиной с вертикальной трещиной разрыва производить исходя из сопоставления их проводимостей и использования эффективного радиуса горизонтального ствола.

4. Разработана усовершенствованная методика прогнозирования оптимальной высоты поперечных трещин ГРП в горизонтальных стволах и рентабельных дебитов во времени.

5. Разработана методика подбора скважин-кандидатов для проведения ГРП в ГС, которая используется при проектировании операций на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» и ОАО «Газпромнефть – Ноябрьскнефтегаз» (Средне – Иторское месторождение, объект БС₁₂, Западно – Ноябрьское месторождение, объект БС₁₂). В результате успешного выбора скважин-кандидатов проведении ГРП в ГС на Средне – Итурском месторождении получена дополнительная добыча более 30 тыс. тонн, а средняя продолжительность эффекта составила 1,5 года.

Основные положения диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Карнаухов А.Н. Анализ эффективности эксплуатации пласта БС₁₈₋₂₀ боковыми стволами / А.Н. Карнаухов, А.С. Ушаков // Новые технологии нефтегазовому региону: Сб. науч. тр. шестой регион. науч. – практич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень: ТюмГНГУ, 2007. – С. 7-12.

2. Большаков В.В. Перспективы применения ГРП в боковых стволах при эксплуатации пласта БС₁₈₋₂₀ / В.В. Большаков, А.С. Ушаков, А.Ю. Толмачев, М.М. Занкиев // Состояние, тенденции и проблемы развития нефтегазового потенциала Западной Сибири: Тр. Междунар. академ. конф., Тюмень, 2008. – С. 337-481.

3. Большаков В.В. Перспективы применения ГРП в боковых стволах при эксплуатации пласта БС₁₈₋₂₀ / В.В. Большаков, А.С. Ушаков, М.М. Занкиев // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2008. № 3. С. 23-27.

4. Ушаков А.С. Особенности фильтрации жидкости в пласте при различных конфигурациях скважин / С.П. Чукланова, В.М. Арсланов // Современные технологии для ТЭК Западной Сибири: Сб. науч. тр., 3 научн.-техн. конф., Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – С. 255-260.

5. Ушаков А.С. Анализ эффективности строительства первых боковых стволов с горизонтальными ответвлениями на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» / А.С. Ушаков, С.В. Левкович, А.С. Самойлов // Территория нефтегаз. - 2009. - № 12. – С. 58-61.

6. Самойлов А.С. Анализ результатов ГРП в горизонтальных скважинах месторождений ОАО «Сургутнефтегаз» / А.С. Самойлов, А.С. Ушаков // Проблемы геологии и освоения недр: Тр. Междунар. симпозиума им. академика Усова, Томск, 2010. – С. 337-341.

7. Ушаков А.С. Особенности ГРП в горизонтальных скважинах Быстринского месторождения / А.С. Ушаков, А.С. Самойлов // Oil & Gas Journal. – 2010. - № 4. – С.32-34

8. Ушаков А.С. Обоснование показателей гидроразрыва пласта для горизонтальных скважин / А.С. Ушаков, А.В. Стрекалов, М.С. Королев // Территория нефтегаз. - 2010. - № 5. – С. 14-16.

Спонсор



А.С. Ушаков



an2112