

Усенко Александра Артуровна, магистрант, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВМЕЩЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА

Аннотация: В статье рассмотрены перспективы применения совмещенных гидродинамической и геомеханической моделей при проектировании горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта (далее – ГС с МСГРП). На текущий момент МСГРП является одной из наиболее высокотехнологичных и экономически эффективных операций. Широкое применение технологии МСГРП обусловлено стремительным увеличением объемов горизонтального бурения. Исходя из этого модернизация применяемых технологий проектирования ГС с МСГРП позволит прогнозировать и избежать возможные риски на всех этапах планирования строительства скважины, повысить производительность и экономическую эффективность.

Ключевые слова: многостадийный гидроразрыв пласта, горизонтальные скважины, модернизация, технологии, геомеханика, геонавигация, моделирование, оптимизация процессов.

Annotation: The article discusses the prospects for the use of combined hydrodynamic and geomechanical models in the design of horizontal wells with multistage hydraulic fracturing (hereinafter – HW with MSHF). At the moment, MSHF is one of the most high-tech and cost-effective operations. The widespread use of MSHF technology is due to the rapid increase in the volume of horizontal drilling. Based on this, the modernization of the applied horizontal well design technologies

with MSHF will make it possible to predict and avoid possible risks at all stages of well construction planning, increase productivity and economic efficiency.

Keywords: multistage hydraulic fracturing, horizontal wells, modernization, technologies, geomechanics, geonavigation, modeling, process optimization.

Широкое применение технологии МСГРП обусловлено стремительным увеличением объемов горизонтального бурения, в том числе и у ведущих нефтегазодобывающих компаний России (рис.1 – Динамика проходки в горизонтальном бурении, млн.м).

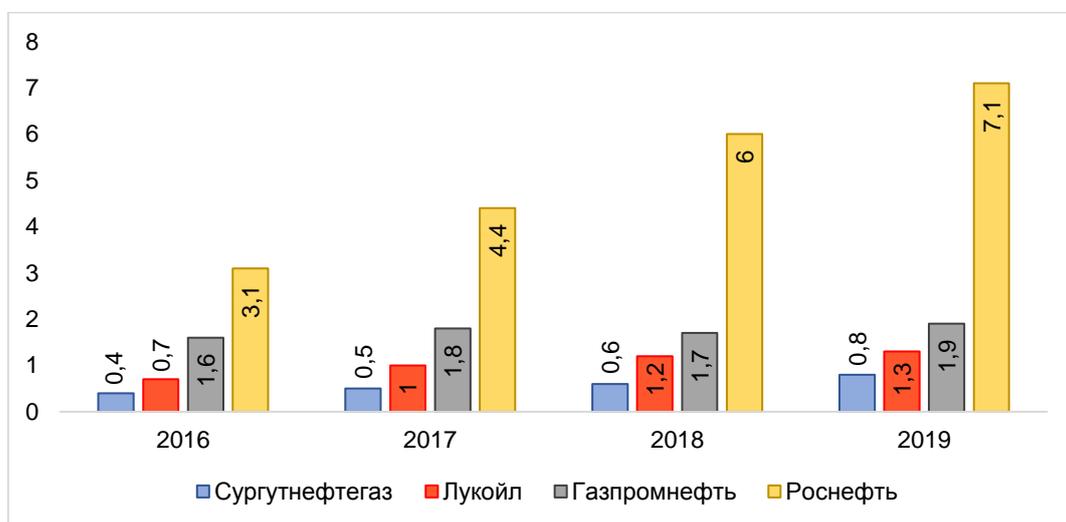


Рисунок 1. - Динамика проходки в горизонтальном бурении, млн.м

С каждым годом объемы ввода ГС с МСГРП неуклонно возрастают, в связи с чем актуальной задачей нефтегазодобывающего комплекса является повышение эффективности работы с ГС с МСГРП на всех этапах их проектирования и строительства. Бурение ГС с МСГРП является одним из самых дорогостоящих и сложных геолого-технических мероприятий (далее – ГТМ), конечная эффективность которого определяется нахождением оптимальных параметров процесса на каждом этапе для каждой конкретной скважины, а именно [3; 5]:

- особенности геологического строения продуктивного горизонта (эффективная толщина нефтенасыщенного коллектора, расчлененность,

проницаемость, положение водонефтяного контакта);

- параметры технологии проводки скважины и меры по предотвращению опасного сближения стволов скважин (определение оптимального направления бурения скважины, планирование траектории, оптимизация конструкции);

- технологические параметры процесса МСГРП (учет влияния региональных стрессов на ориентацию трещин МСГРП, протяженность трещины, количество стадий МСГРП, расстояние между портами МСГРП, количество пропанта на один порт).

Такое количество критериев весьма сложно учитывать единовременно, потребуется около десятка программных комплексов для моделирования каждого параметра и составление единого плана по каждой скважине. Рассмотрим, как реализуется оценка выделенных параметров на текущий момент.

Основными инструментами оценки эффективности запланированной траектории бурения ГС с последующим проведением МСГРП является ее построение в гидродинамической модели разрабатываемого участка месторождения. Гидродинамическая модель – это основной инструмент планирования и оценки эффективности планируемых ГТМ, учитывающий геологическое строение и фильтрационно-емкостные свойства продуктивного пласта, позволяющий прогнозировать результаты с учетом текущих показателей разработки. Однако, существует ряд погрешностей, существенно влияющих на достоверность полученных результатов (расчленение и корреляция по результатам стандартного набора геофизических исследований, игнорирование параметров на границе продуктивный пласт – неколлектор, усреднение геологической обстановки по вновь вводимым или малоизученным участкам.

В настоящее время моделирование процесса МСГРП с вводом основных технологических параметров производится за счет совокупности построений модели скважины в геолого-гидродинамической модели и дизайна МСГРП в специальном программном модуле (к примеру, FracPro, PetroCup и другие) (рис.2 – Интерфейс программы для дизайна трещин МСГРП).

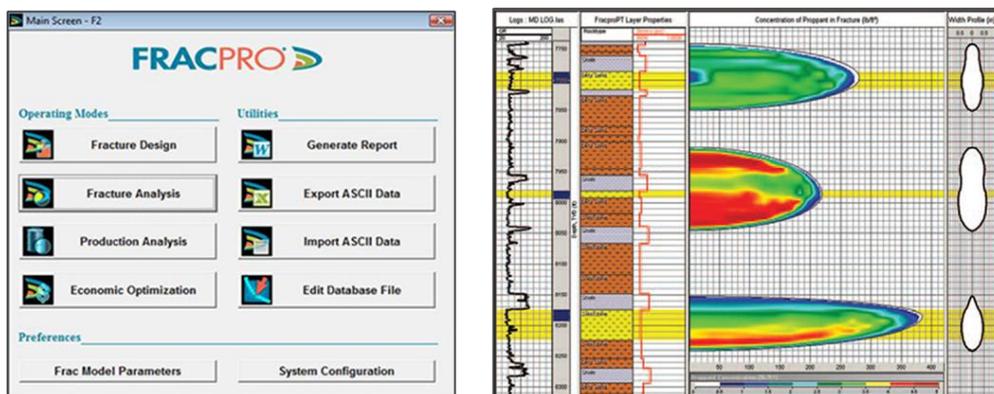


Рисунок 2 - Интерфейс программы для дизайна трещин МСГРП

Для дизайна трещин МСГРП в программе осуществляется литологическое расчленение на основе данных геофизических исследований, полученных с соседних скважин, в основном это данные гамма-каротажа. Таким образом, геометрия трещины, при которой будет получен максимальный коэффициент продуктивности, будет определяться по заданной вручную массе пропанга, а определив оптимальную геометрию – рассчитывается план закачки. Такой подход недостаточно точен и информативен, поскольку приближенно основывается на свойствах горных пород.

Учитывая вышесказанное, к рассмотрению предлагается включить в состав применяемого оборудования и программных комплексов геомеханическую и гидродинамическую составляющие, как направление развития и модернизации проектирования и строительства ГС с МСГРП. Рассмотрим кратко эти составляющие.

Геомеханика — комплексная наука, которая объединяет геологию, геофизику, петрофизику, механику жидкости, газа и сплошных сред. На каждом этапе «жизни» месторождения геомеханика решает прикладные задачи, что позволяет сформировать рекомендации для оптимального проведения технологических процессов с целью снижения затрат и интенсификации добычи. На этапе бурения геомеханическая модель позволяет: определить оптимальное направление бурения скважины, запланировать ее траекторию, оптимизировать конструкцию и подобрать технологию бурения.

На этапе планирования МСГРП геомеханическое моделирование

позволяет оптимизировать дизайн МСГРП за счет: возможности моделирования геометрии трещин, учета влияния региональных стрессов и их изменения в процессе разработки.

Таким образом, частью предлагаемой оптимизации является возможность реализации применения разделов геомеханики в формате построения геомеханической модели на основе имеющихся данных и ее дальнейшее уточнение или проведения комплекса геомеханических исследований в открытом стволе геофизической аппаратурой [2].

Геомеханика как инструмент работы с ГС с МСГРП не приобрела широкого распространения. Однако, компания НК «Роснефть» в январе 2019 г. представила корпоративный программный комплекс РН-СИГМА, в котором на основании моделирования выполняется прогноз возможных осложнений при бурении скважин различного профиля, производится оптимизация траектории и конструкции скважины, а также формируются исходные данные для последующего моделирования процесса МСГРП (рис.3 – Интерфейс программного комплекса РН-СИГМА) [4].

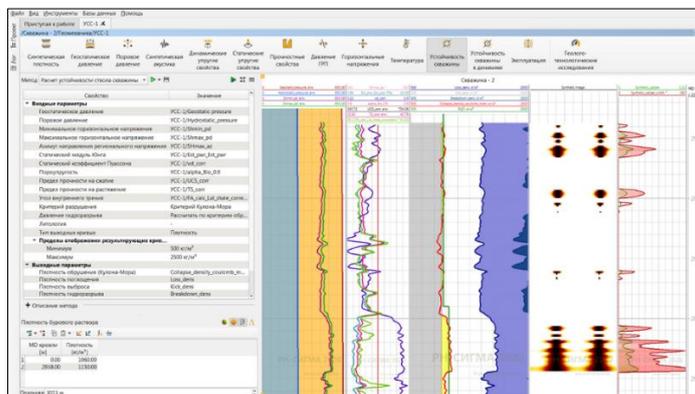


Рисунок 3 - Интерфейс программного комплекса РН-СИГМА

Следующим предложением по оптимизации процесса является применение геонавигации. Геонавигация с базовым набором каротажа рекомендована к применению на хорошо изученных разбуренных месторождениях. Положение целевого горизонта в разрезе будет определяться путем сопоставления синтетических кривых с кривыми, регистрируемыми в

реальном времени, добиваясь их максимальной сходимости в модели (рис.3 – Геонавигация по данным базовых измерений).

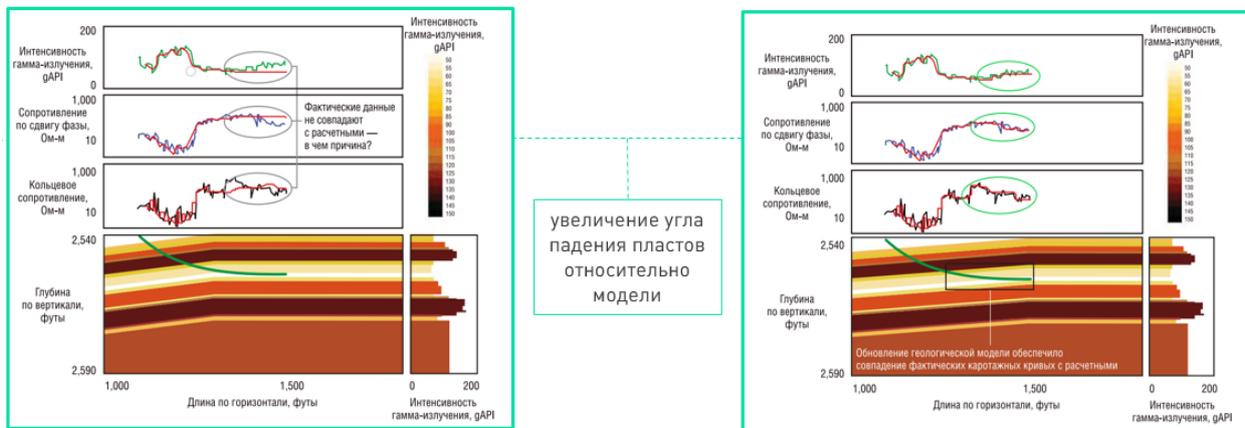


Рисунок 3 – Геонавигация по данным базовых измерений

Для малоизученных участков и вновь вводимых месторождений рассмотрена возможность применения технологии скважинных имиджеров плотности или сопротивлений с целью получения информации о структурном поведении разреза (рис.4 – Опережающее картирование).

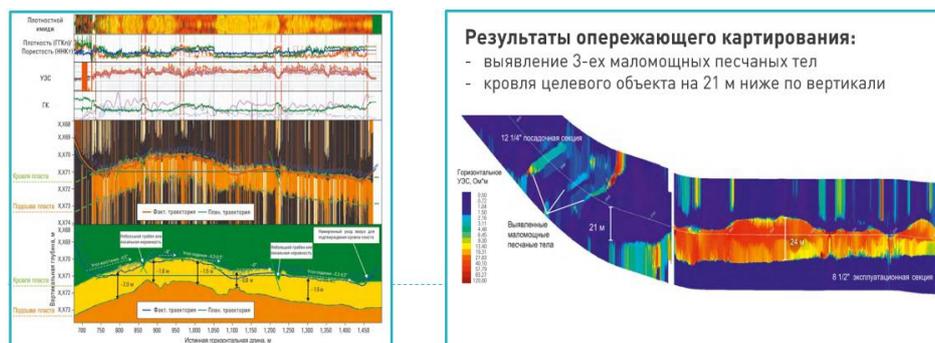


Рисунок 4 – Опережающее картирование

Также одним из направлений развития процесса планирования и строительства ГС с МСГРП является предварительное моделирование процесса с возможностью выбора оптимальных параметров процесса - совмещенное моделирование, а именно: совокупность геомеханической и гидродинамической модели с применением программных комплексов дизайна МСГРП (рис.5 – Прототип модуля совмещенного моделирования).

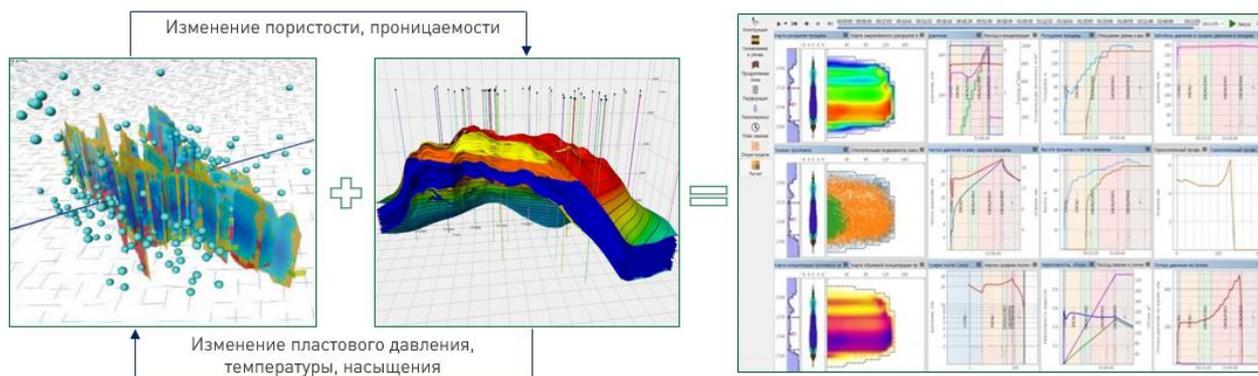


Рисунок 5 –Прототип модуля совмещенного моделирования

При построении геомеханической модели будут учитываться: горное и поровое давление, модуль Юнга и коэффициент Пуассона, коэффициент сжимаемости пор [1]. Несмотря на сложность предлагаемого варианта, он позволяет оптимизировать дизайн предстоящей интенсификации пласта.

Заключение

Предсказуемость и понимание роста трещин во многом способно определить оптимальное расположение и плотность заложения новых скважин, дизайн стадий МСГРП, выбор типа пропанта и основных технологических параметров, что позволит прогнозировать и избежать возможные риски на всех этапах планирования строительства скважины, повысить производительность и экономическую эффективность.

Библиографический список:

1. А.В.Гагарин, К.В.Кудашов. Перспективы использования информации, полученной при исследовании горизонтальных скважин, в корпоративных инструментах геологического моделирования//Научно-технический вестник ОАО «НК»Роснефть». 2016. -№2.-С.15-19.
2. Геонавигация в карбонатах. Успешное применение технологии многопластового картирования разреза при бурении горизонтальных скважин / С.В.Лебедев, В.А. Сайфитдинова, С.В.Кочнева. -Иркутск: EAGE, Геобайкал, 2018.
3. Сабитов Р.М., Родионов А.В., Шабелянский В.А. Многоинтервальная

гидропескоструйная перфорация скважин с селективным гидравлическим разрывом пласта. Результаты примерения. Перспективы//Нефтепромысловое дело. -М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2019. -№9(609). -С.42-46.

4. Стандарт компании ОАО «НК «Роснефть» № П2-10 С-001 версия 3.00. Геологическое сопровождение бурения горизонтальных скважин и боковых горизонтальных стволов при разработке нефтяных и газонефтяных месторождений.

5. Ушаков А.С. Анализ эффективности гидравлического разрыва пласта в горизонтальных скважинах месторождений Западной Сибири//Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. -2010. -№2. -С. 41-53.