

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 622.234.573

М.Г. Губайдуллин, Н.Г. Костин, Д.В. Глушков

Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ СИМУЛЯТОРА GOHFER

При росте количества вводимых месторождений с низкопроницаемыми, малопродуктивными коллекторами необходимо скорейшее совершенствование моделирования гидравлического разрыва пласта (ГРП).

Рассмотренный в статье программный комплекс GOHFER моделирует трехмерное развитие трещины и транспортировку проппанта, объединяет данные исследования ядерного материала, жидкостей, проппанта, ГИС и др. Симулятор позволяет решить проблему комплексного подхода к сбору и обработке данных, качественно связать структурные особенности пластов с расчетными параметрами, выбрать объект ГРП, подобрать технологию.

Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, сложный коллектор, горные породы, проппант, моделирование.

M.G. Gubaydullin, N.G. Kostin, D.V. Glushkov

Northern (Arctic) Federal University named
after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

GOHFER REPLICATOR APPLICATION FOR MODELLING OF FORMATION HYDRAULIC FRACTURING

Reserves development with expansion of inefficient, low permeability formations area required enhancement of modeling programs for formation hydro fracturing.

Statement describes GOHFER program complex. It's modeling fractures spreading, proppant agent transporting, coupled together data of core material researching, fluids and proppant behavior, well survey data, et al. Replicator makes comprehensive approach possible in data handling and formation structure features joining with design parameters, fracturing objects evaluating, choosing the technology.

Keywords: hydraulic fracturing of formation, difficulty built reservoir, rock, propping agent, modeling.

С каждым годом растет количество вводимых месторождений с осложненными геолого-физическими условиями, приуроченных к низкопроницаемым, малопродуктивным, неоднородным коллекторам. Для достижения высокого уровня рентабельности разработки таких залежей необходимо воздействие на пласт. Гидравлический разрыв пласта (ГРП) является одним из наиболее эффективных методов в этом направлении [1].

ГРП представляет собой метод интенсификации добычи в целях увеличения дебита добывающих скважин, приёмистости нагнетательных скважин. Применяется на нефтяных и газовых месторождениях с последующим повышением технико-экономических показателей разработки.

Также ГРП применяется для повышения нефтеотдачи. При интенсификации затрагиваются запасы, находящиеся в зоне дренирования скважины. Повышение нефтеотдачи достигается за счет выработки слабодренируемых зон и прослоев.

Область возможного применения ГРП. Для месторождений Западной Европы добыча трети запасов газа возможна и экономически оправданна только с проведением гидроразрыва пласта. В США 30–35 % запасов углеводородов могут быть извлечены только с применением ГРП [2].

В России более 60 % запасов относятся к трудноизвлекаемым, из них около 40 % запасов приходятся на коллекторы с низкой проницаемостью (менее $0,05 \text{ мкм}^2$). В скором времени ожидается прирост таких запасов по отрасли до 70 %. Такие условия дают возможность прогнозировать увеличение объемов работ в области применения гидравлического разрыва пласта. Ставится задача внедрения новых технологий моделирования, технического исполнения.

Основные проблемы при моделировании ГРП:

– сложность применения комплексного подхода при проектировании на основе одновременной связи данных по керну, ГИС, проводимости пласта, системы расстановки скважин, механики трещины, характеристик жидкостей и проппанта, технологических и экономических ограничений. Проблема решается с помощью специализированного программного обеспечения;

– точность привязки структурных особенностей залежей, особенностей тектонических и седиментационных процессов для прогноза распространения трещиноватости, выбора объекта ГРП [3]. Достовер-

ный прогноз поля распределения трещин заметно снижает рост обводненности продукции [4];

– выбор оптимальной технологии ГРП для оптимизации выработки запасов месторождения, максимизации глубины проникновения проппанта в трещину, оптимизации параметров нагнетания жидкости разрыва и проппанта для требуемых технико-экономических показателей [5].

Симулятор гидравлического разрыва пласта GOHFER (Grid Oriented Hydraulic Fracture Extension Replicator) – плоскостной симулятор, моделирующий трехмерное развитие трещины и транспортировку проппанта. Объединяет комплекс данных исследования кернового материала, жидкостей, проппанта, ГИС, геологического строения в единое целое с последующим расчетом характеристик разрыва пласта, предоставлением технологии на выходе. Подходит для слабосцементированных, низкопроницаемых, естественно-трещиноватых, карбонатных пород.

Симулятор разработан под руководством доктора Роберта Барри, с 1980 г. занимающегося разработкой дизайна ГРП и алгоритмами диагностики трещин.

Для описания коллектора используется плоскостная структура (Grid). В каждом секторе сетки рассчитываются состав транспортирующей жидкости, концентрация проппанта, сдвиг, утечки, ширина трещины, давление и другое.

Напрямую импортируются каротажные данные с полным набором петрофизических данных. На основе LAS-файлов программа рассчитывает упругие свойства, используемые для генерации профиля напряжения смыкания трещины. По концентрации проппанта рассчитывается распределение давления жидкости в трещине. В каждой точке поверхности трещины определяются утечки с использованием локальных значений свойств жидкости и породы. Учитываются естественные и вторичные трещины. Вертикальные вариации данных берутся из скважинных каротажей, а горизонтальные – из сейсмических и межскважинных исследований. Определяется поведение жидкости разрыва, проппанта, кислоты. Проводится анализ параметров после смыкания трещины. Конечный отчет включает дизайн ГРП. Также возможен выбор технологии проведения работ.

Преимущества перед другими симуляторами:

- моделирование вертикальной и горизонтальной анизотропии породы;
- расчет одновременного развития нескольких трещин;

- учет изменения геометрических размеров перфорационных отверстий в ходе обработки;
- допуск вертикальных и поперечных утечек вдоль трещины;
- моделирование движения жидкости с учетом выпадения частиц;
- прогноз кинетики кислотной реакции, моделирование проникновения кислоты в породу и ширины области охвата;
- моделирование горизонтальных и ассиметричных трещин;
- возможность расчета нескольких интервалов перфорации;
- учет воздействия мелкодисперсных добавок;
- использование модели смещения ограниченных областей горной породы по плоскостям сдвига вместо модели упругосвязанных смещений;
- полная адаптация для работы с международным каталогом горных пород (Rock Catalog).

Симулятор позволяет решить проблему комплексного подхода к сбору и обработке данных, качественно связать структурные особенности пластов с расчетными параметрами, выбрать объект ГРП, подобрать технологию ГРП. Благодаря большому перечню преимуществ по сравнению с программами-аналогами GONFER находит широкое применение в нефтегазовом комплексе.

Библиографический список

1. Баженов С.Л. Разработка технологических жидкостей для гидравлического разрыва пласта на углеводородной основе с использованием железных и алюминиевых солей ортофосфорных эфиров: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2007. – 167 с.
2. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта / ООО «Недра-Бизнесцентр». – М., 1999. – 212 с.
3. Парсегов С.Г., Кондауров В.И., Курочкин В.И. Моделирование операции гидроразрыва пласта (ГРП) как инструмент оценки и предварительного отбора скважин-кандидатов // Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук: сб. тр. 49-й науч. конф. Т. III./ МФТИ. – М., 2006. – С. 51–53.
4. Гуторов Ю.А., Валиев И.З., Зарипов М.В. Проблемы повышения эффективности применения технологии ГРП в условиях НГДУ «ВАТЬЕГАННЕФТЬ» // Актуальные проблемы Волго-Уральской неф-

тегазонасной провинции: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. / УГНТУ – Уфа, 2001. – С. 87–88.

5. Economides M.J., Martin T. Modern fracturing for enhancing natural gas production / ET Publishing. – Huston TX, 2007. – 514 p.

References

1. Bazhenov S.L. Razrabotka tehnologicheskikh zhidkostey dlya gidravlicheskogo razriva plasta na uglevodorodnoy osnove s ispolzovaniem zheleznykh I aluminievih soley ortofosfornih efirov: dissertation. – Moscow, 2007. – 167 p.

2. Kanevskaya R.D. Matematicheskoe modelirovanie razrabotki mestorozhdeniy nefiti I gaza s primeneniem gidravlicheskogo razriva plasta. “Nedra-bizneszentr”. – M., 1999. – 212 p.

3. Parsegov S.G., Kondaurov V.I., Kondaurov V.I. Modelirovanie operazii gidrorazriva plasta kak instrument ozenki I predvaritelnogo otbora ckvazhin kandidatov // Sovremennye problemi fundamentalnykh I prikladnykh nauk: sbornik trudov 49 nauchnoy konferenzii. T. III / MFTI – M.: 2006. P. 51–53.

4. U.A. Gutorov, I.Z. Valiev, M.V. Zaripov UGNTU Problemi povysheniya effektivnosti primeneniya tehnologii GRP v usloviyah NGDU “VATYEGANNEFT” // Aktualnye problemy Volgo-Uralskoy neftegazonosnoy provintzii: tezisi docladov mezhdunarodnoy nauchno-practicheskoy konferenzii / UGNTU – Ufa, 2001. P. 87–88.

5. Economides M.J., Tony Martin Modern fracturing for enhancing natural gas production / ET Publishing. – Huston TX, 2007. – 514 p.

Об авторах

Губайдуллин Марсель Галиуллович (Архангельск, Россия) – профессор, доктор геол.-мин. наук, директор Института нефти и газа Северного (Арктического) федерального университета (163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, e-mail: m.gubaidulin@agtu.ru).

Костин Николай Георгиевич (Архангельск, Россия) – инженер 1-й категории ЦАНГЛИ института нефти и газа Северного (Арктического) федерального университета, аспирант ИЭПС УрО РАН (163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, e-mail: nik-kostin@mail.ru).

Глушков Денис Васильевич (Архангельск, Россия) – 1-й категории ЦАНГЛИ ИНиГ Северного (Арктического) федерального универ-

сителя, аспирант ИЭПС УрО РАН (163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, e-mail: nvdg@mail.ru).

About the authors

Gubaydullin Marsel (Arkhangelsk, Russia) – professor, doctor of geology and mineralogy, director of INiG S(A)FU (163002, Arkhangelsk, Naberejnaya Severnoy Dvini, 17, e-mail: m.gubaidulin@agtu.ru).

Kostin Nikolay (Arkhangelsk, Russia) – first class engineer ZANGLI INiG S(A)FU, postgraduate student of IEPS UrO RAN (163002, Arkhangelsk, Naberejnaya Severnoy Dvini, 17, e-mail: nik-kostin@mail.ru).

Glushkov Dennis (Arkhangelsk, Russia) – first class engineer ZANGLI INiG S (A) FU, postgraduate student of IEPS UrO RAN (163,002, Arkhangelsk, Naberejnaya Severnoy Dvini, 17, e-mail: nvdg@mail.ru .)

Получено 7.02.2012