

Литература

1. Бобков, Д. О. Проблемы, возникающие при проведении ГРП, и возможности их решения / Д. О. Бобков // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – № 7. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/07/84111> (дата обращения: 05.10.2024).
2. Avoiding Proppant Flowback in Tight-Gas Completions with Improved Fracture Design / Javier M. Canon, Diego J. Romero, Tai T. Pham, Peter P. Valko // SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Denver, Colorado, USA, 5–8 Oct. 2003. – SPE 84310.
3. Васильев, В. А. Оценка устойчивости заполнителя трещины при гидроразрыве пласта / В. А. Васильев // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2010. – № 4 (25).
4. Верисокин, А. Е. Сокращение сроков освоения скважины после проведения гидроразрыва пласта / А. Е. Верисокин // Наука. Инновации. Технологии. – 2018. – № 3. – URL: <https://scienceit.elpub.ru/jour/article/view/184> (дата обращения: 05.10.2024).
5. Оценка возможности применения карьерных песков Республики Беларусь в качестве расклинивающих агентов ГРП / А. Л. Богданов [и др.] // Поиск и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. : в 2 т. / Концерн «Белнефтехим», Произв. об-ние «Белоруснефть», Белорус. науч.-исслед. и проект. ун-т нефти ; под. ред. В. Д. Порошин. – Минск, 2022. – Т. 2, вып. 10. – С. 48–57.

УДК 622.276.66

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН С ГИДРОРАЗРЫВОМ ПЛАСТА НА ДОБЫЧУ НЕФТИ

А. М. Жуковский, Р. Е. Гутман

*БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение
«Белоруснефть», г. Гомель*

Раскрыто, что истощение традиционных залежей углеводородов и длительная эксплуатация месторождений приводит к необходимости применения новых способов разработки месторождений нефти. Представлено, что один из таких способов – использование скважин с горизонтальным окончанием и последующим их освоением методом многостадийного гидроразрыва пласта. Это позволяет увеличить объем добычи нефти, а на объектах с трудноизвлекаемыми запасами является единственным рентабельным способом их разработки. Значительное влияние на объем добычи нефти оказывает вектор направления распространения трещин относительно ствола скважины. И как следствие – объем стимулированной породы. Подтверждена взаимосвязь накопленной добычи нефти с направлением бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин относительно векторов максимального горизонтального напряжения.

Ключевые слова: геомеханическое моделирование, гидравлический разрыв пласта, наклонно-направленное бурение, горизонтальное бурение, вектор главных горизонтальных напряжений.

THE INFLUENCE OF WELLS DRILLING DIRECTION WITH HYDROFRACTURING COMPLETION ON THE WELL CUMULATIVE OIL PRODUCTION

A. M. Zhukouski, R. E. Gutman

BelNIPIneft RUF “Production Association “Belorusneft”, Gomel

Depletion of traditional hydrocarbon deposits and long-term exploitation of fields leads to the use of new methods for developing oil fields. One of such methods is horizontal wells drilling and their subsequent multi-stage hydraulic fracturing completion. This approach allows increasing

the volume of oil production, and it is the only cost-effective method of development of hard-to-recover oil reserves. The vector of the direction of crack propagation relative to the wellbore and, as a consequence, the volume of stimulated rock have a significant impact on the production rate. In this paper, the authors showed the relationship between the cumulative oil production and the direction of drilling sub-horizontal and horizontal wells relative to the vectors of maximum principal stress.

Keywords: geomechanical modeling, fracturing, J-shape wells drilling, directional drilling, principal stress direction.

В РУП «ПО «Белоруснефть» 47 % скважин, пробуренных за 2023 г., приходится на горизонтальное бурение (за 2023 г. пробурено 66 скважин, из которых 31 скважина – с протяженным горизонтальным окончанием). Количество скважин с горизонтальным окончанием в 2023 г. выросло на 24 % по сравнению с 2022 г. Все горизонтальные скважины вводятся в освоение многостадийным гидроразрывом пласта (МГРП). Объем произведенных операций гидроразрыва пласта (ГРП) в РУП «ПО «Белоруснефть» в 2023 г. вырос на 30 % по сравнению с 2022 г. (2022 г. – 339 операция, 2023 г. – 441 операция).

Увеличение числа скважин с горизонтальным окончанием и рост операций ГРП показывают актуальность вопроса о рациональном выборе направления бурения горизонтальных скважин относительно векторов главных пластовых напряжений. В зависимости от этого выбора при проведении ГРП будет генерироваться различная система трещин – перпендикулярная или параллельная стволу скважины. Вопросы оценки влияния направления распространения трещин ГРП на показатели разработки с различной степенью детальности рассмотрены в ряде работ [1–3].

Важным инструментом при разработке объектов с трудноизвлекаемыми запасами становится комплексное (геологическое, гидродинамическое, геомеханическое) моделирование. В своей работе [4] мы описали процесс определения векторов главных горизонтальных напряжений по результатам 3D геомеханического моделирования с использованием геологической модели и пластового давления из гидродинамической модели на примере ланско-староосколькой залежи Барсуковского месторождения нефти.

По результатам 3D геомеханического моделирования был рассчитан угол между азимутом бурения скважины и направлением максимального горизонтального напряжения – угол α_{SHmax} . Для оценки влияния направления бурения скважин на добычу нефти был введен комплексный показатель «индекс добычи на единицу проппанта», выраженный как отношение накопленной добычи нефти к массе закачанного проппанта, – это позволило учесть различия в освоении скважин методом ГРП. В данной работе показатель накопленной добычи приведен за первые 365 сут эксплуатации. На рис. 1 представлена зависимость индекса добычи на единицу проппанта за первые 365 сут эксплуатации скважин от угла α_{SHmax} .

Установлена зависимость между накопленной добычей нефти и направлением бурения: скважины с большим углом α_{SHmax} показывают более высокие показатели эксплуатации в пересчете на тонну закачиваемого проппанта. У скважин, пробуренных под углом 50° к направлению максимального горизонтального напряжения, накопленная добыча на одну тонну проппанта в два раза выше чем у скважин, пробуренных под углом 20° .

Также был выполнен анализ по оценке влияния на накопленную добычу нефти таких показателей, как проницаемость, длина наклонно-направленного участка, вертикальная мощность вскрываемых отложений, мощность интервалов коллектора,

пластовое давление залежи, а также пористость пласта. В результате анализа не было получено зависимостей между перечисленными показателями и накопленной добычей нефти, а также индексом добычи на единицу проппанта.

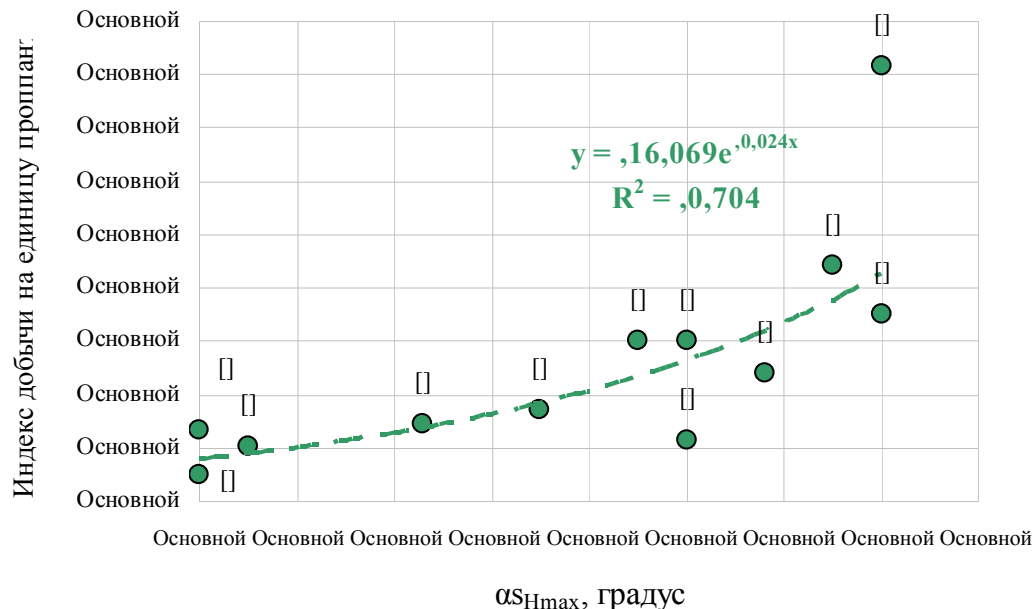


Рис. 1. Зависимость индекса добычи на единицу проппанта за 365 сут от угла α_{Hmax}

В результате проведенных исследований подтверждено влияние на накопленную добычу нефти агрессивности проведения гидроразрыва пласта, оцениваемой по массе закачанного проппанта, и направления бурения скважин: увеличение массы проппанта приводит к росту геометрических и фильтрационных параметров трещин, а бурение по направлению минимального горизонтального напряжения позволяет увеличивать площадь дренирования скважин за счет формирования системы поперечных трещин.

Л и т е р а т у р а

1. Применение результатов трехмерного гидро-геомеханического моделирования для определения азимутов трещин гидроразрыва пласта / Г. Н. Воробьева, С. С. Остапчук, Р. А. Рыбаков, М. С. Космачева // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2023. – № 4 (43). – С. 58–71.
2. Янин, А. Н. Влияние направления трещин гидроразрыва пласта на показатели эксплуатации скважин / А. Н. Янин, С. А. Черевко // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 12. – С. 76–81.
3. Влияние направления трещин многостадийного гидравлического разрыва пласта на коэффициент извлечения нефти / П. Н. Зятиков, К. В. Синебрюхов, Ю. С. Березовский, А. С. Трушко // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2019. – № 58. – С. 84–98. – DOI 10.17223/19988621/58/7
4. Жуковский, А. М. Геомеханическое обоснование выбора направления бурения скважин с гидроразрывом пласта для увеличения объемов добычи нефти на месторождениях Беларуси / А. М. Жуковский, Р. Е. Гутман // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2024. – № 3 (141). – С. 16–22.