

УДК 550.82

Рамазанов К.Р., доктор технических наук, профессор**Бурханов Б.Ж.**, кандидат технических наук, доцент**Купешова А.С.**, старший преподаватель**Есмаханов Н.Б.**, магистрант группы МНГ ДРБ-21

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЕКТНЫХ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИИ УРИХТАУ

Аннотация

В данной статье предложен комплексный подход к моделированию зон пластических деформаций на основе геомеханического моделирования месторождения Урихтау, включающий моделирование устойчивости стенок ствола при бурении скважин в карбонатных коллекторах, осложненных дизъюнктивными разломами.

Ключевые слова: геомеханическое моделирование, коэффициент Пуассона, модуль Юнга, буровой раствор, проектирования скважин.

Геомеханическое моделирование представляет собой последовательный процесс определения механических свойств горной породы и ее реакций на воздействия в процессе разработки месторождения.

Нефтегазоконденсатное месторождение Урихтау расположено в Мугоджарском районе Актюбинской области, в 215 км к югу от г. Актюбинска.

Газоконденсатная залежь с нефтяной оторочкой приурочена к массивно-пластовому резервуару, сложенному карбонатными коллекторами, в основном, порового типа. Продуктивная часть разреза литологически представлена биоморфными известняками, известняками органогенно-обломочными, детритовыми, оолитовыми, а также доломитами. Основным источником аналитической информации являются результаты проведенной 3Д сейсморазведки в районе расположения месторождения Урихтау. Как видно из сейсмического разреза (рисунок 1), геология месторождения осложнена множеством дизъюнктивных разломов, и для проектирования скважин необходимо рассчитать одномерную геомеханическую модель устойчивости ствола скважины. Для ее построения используют данные геофизических исследований скважин (ГИС): результаты плотностного каротажа, скорости продольных и поперечных акустических волн.

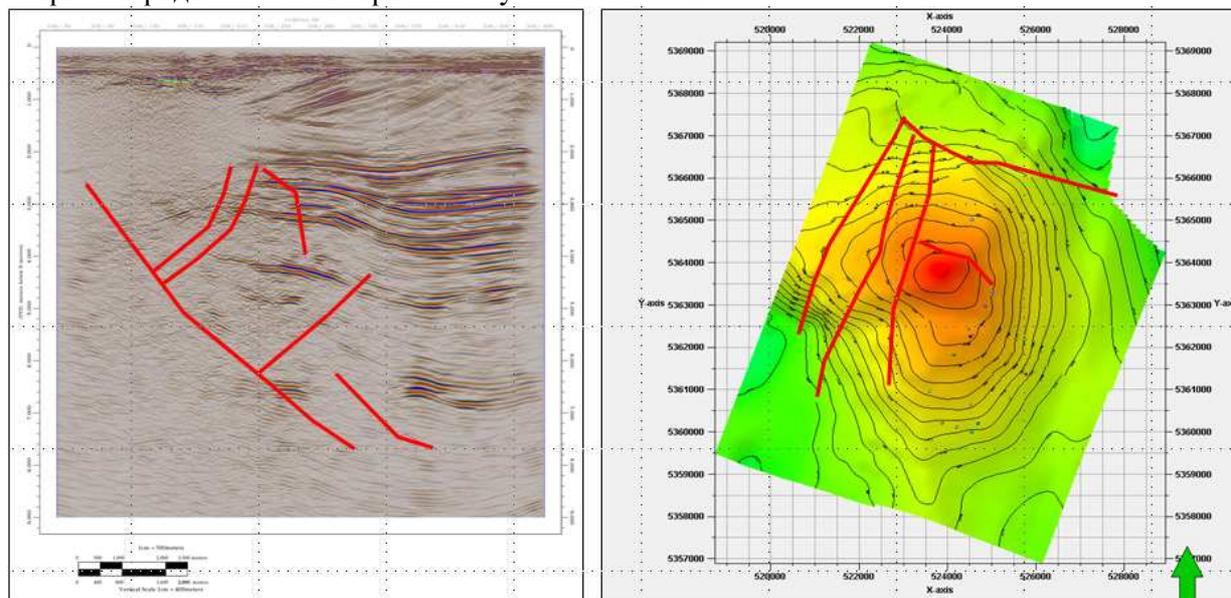


Рисунок 1 – Сейсмический разрез с выделенными системами разломов

В юго-восточной части месторождения на скважинах У-1 и У-2 была произведена скважинная сейморазведка, а именно трехкомпонентное вертикальное сейсмическое профилирование, в результате которого были рассчитаны и привязаны к глубине средние интервальные скорости прохождения продольной и поперечной волны через породы.

Основные характеристики, которые могут быть получены с помощью интервальных скоростей – это коэффициент Пуассона, модуль Юнга, модуль объемного сжатия, модуль сдвига, первый и второй коэффициент Ламэ, объемная плотность горных пород. Анализируя скорости прохождения продольной и поперечной волны через породы, можно увидеть взаимосвязь абсолютных значений интервальных скоростей на определенных глубинах.

Полномасштабное геомеханическое моделирование проектных скважин будет происходить по заранее определенной последовательности, позволяющей получить необходимый результат о всех градиентах давления вдоль всего геологического разреза. Схема последовательности представлена ниже (рисунок 2):

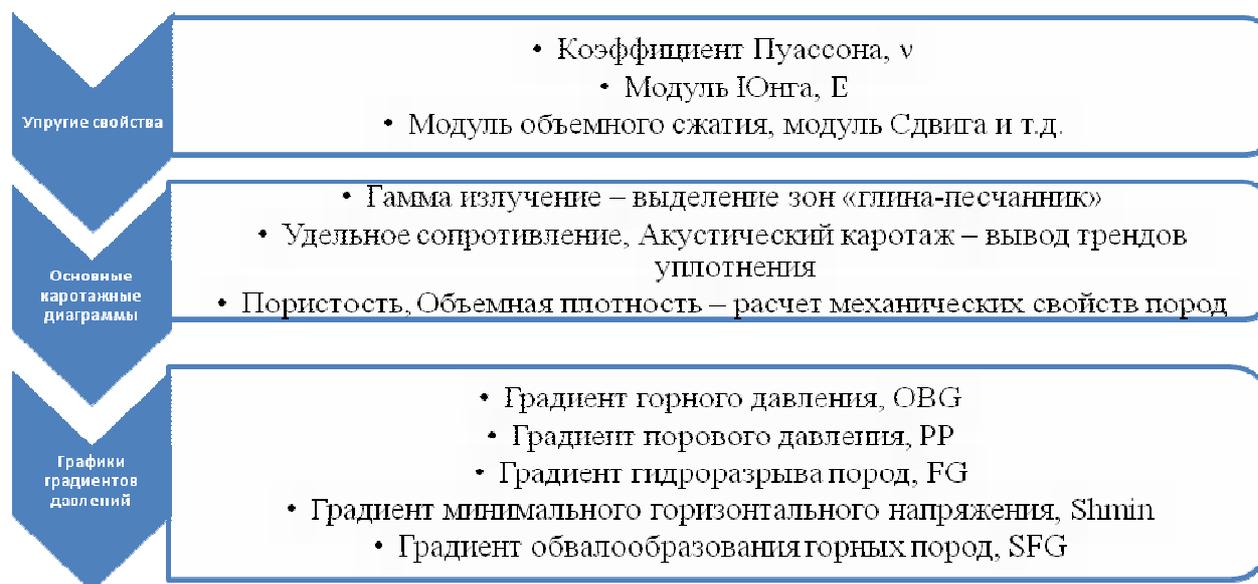


Рисунок 2 – Последовательность полномасштабного моделирования

Основной характеристикой, участвующей в построении полномасштабной геолого-геомеханической модели, является характеристика, отражающая степень возможной упругой деформации горно-геологической среды до возникновения хрупкого разрушения, то есть коэффициент Пуассона. В случае наличия данного коэффициента по всему разрезу появляется возможность произвести оценку порога разрушения породы с максимальной точностью, особенно для месторождений с наличием горных пород различных литотипов, каким и является Урихтау. Таким образом, может быть получен пространственно-масштабированный куб коэффициента Пуассона.

Направления максимального и минимального горизонтальных напряжений определяли на основе анализа имиджей стенок скважин. В ходе исследований в ряде скважин обнаруживались вывалы, в основном связанные с обрушением пород в местах природной трещиноватости.

По данной модели рассчитывают характеристику сопротивляемости растяжению или сжатию, называемую модулем Юнга. Конечным результатом этих исследований является создание пространственно-масштабированной плотностной модели. Все остальные пространственные модели могут быть получены подобным же образом. Для повышения качества моделирования проектных скважин необходимо провести соответствующий анализ для уже пробуренных скважин, находящихся в непосредственной близости от интересующей области.

Построение модели устойчивости ствола скважины позволило разработать рекомендации по безопасному бурению горизонтальной части ствола скважины и зарезке четырех боковых стволов (рисунок 3). Оценка плотности бурового раствора при использовании геомеханического моделирования предоставила дополнительные возможности для выбора

технологических параметров бурения скважин сложной конфигурации. Разрушение слабосцементированных пород может происходить под действием сдвиговых или растягивающих напряжений и объемного разрушения. В результате в околоскважинной зоне возникает увеличивающаяся со временем пластичная зона, связанная с появлением остаточных деформаций. Ее механические и фильтрационно-емкостные свойства отличаются от дальней области, что влияет на продуктивность скважины.

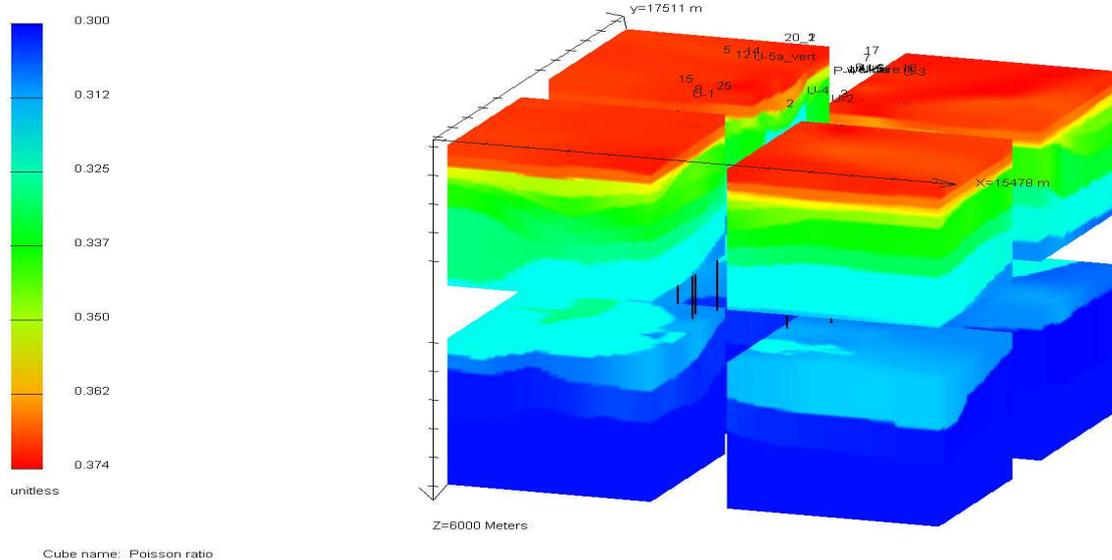


Рисунок 3 – Куб коэффициента Пуассона

Ниже рассмотрен пример 1D моделирования скважины 7 с комплексным привлечением собственных скважинных данных и данных, полученных из статической 3D модели месторождения.

Как видно из представленного рисунка 4, акустический каротаж и каротаж по нейтронной пористости, были прописаны только в интервале 2600-3000 метров. Тогда как для вышележащих интервалов бурения данная информация отсутствует, тем не менее она очень важна по причине того, с помощью нее можно выделить наиболее опасные интервалы с точки зрения литологического разделения и буримости. Поэтому данная информация может быть восполнена путем экспорта из пространственно-масштабированных кубов основных каротажных диаграмм в соответствующую координатную точку. Далее полученные диаграммы калибруются на прописанные интервалы и создаются композитные кривые (профили траекторий скважины), которые в дальнейшем и используются в процессе построения скважинной 1D геомеханической модели для получения всех необходимых градиентов давлений и выявления совместимых и несовместимых зон бурения.

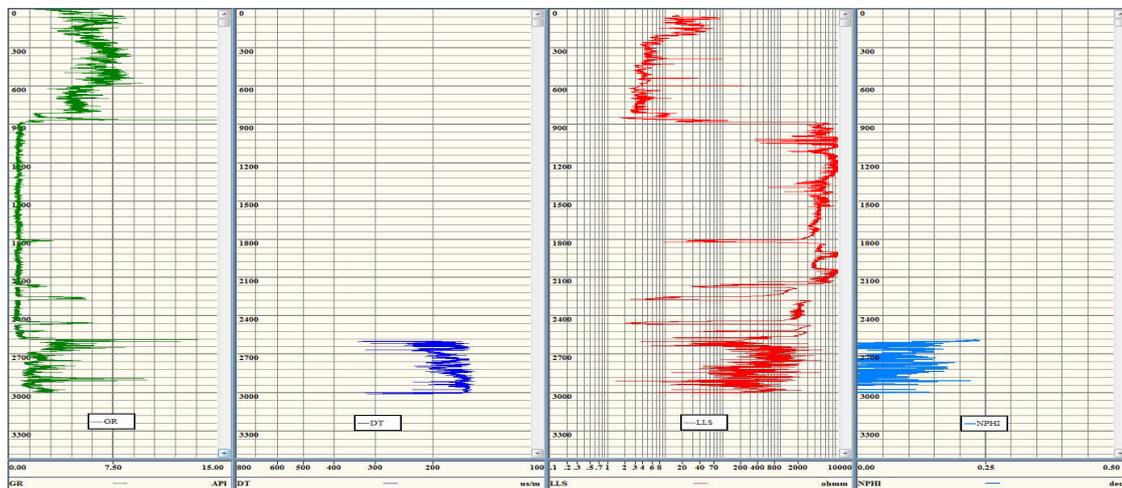


Рисунок 4 – Скважинная информация на скважине 7

Важным аспектом в проектировании траекторий скважин является прохождение солевых отложений. Одной из самых основных рекомендаций по проводке скважин через отложения соли данного интервала будет являться удержание вертикальности траектории скважины, а также применение соответствующих рецептур бурового раствора, позволяющих снизить степень размыва данных участков. В геомеханическом смысле каменная соль является очень пластичным материалом и под воздействием внешних напряжений происходит переход ее состояния из стабильно твердого в текучее. Вследствие разбухания скважины и вскрытия интервалов соли происходит нарушение внутреннего баланса горно-геологической среды, что приводит к возникновению дополнительных осевых и тангенциальных усилий на стенки скважины. Таким образом, разбухая солевые отложения, эффекты размыва данных интервалов являются необратимыми.

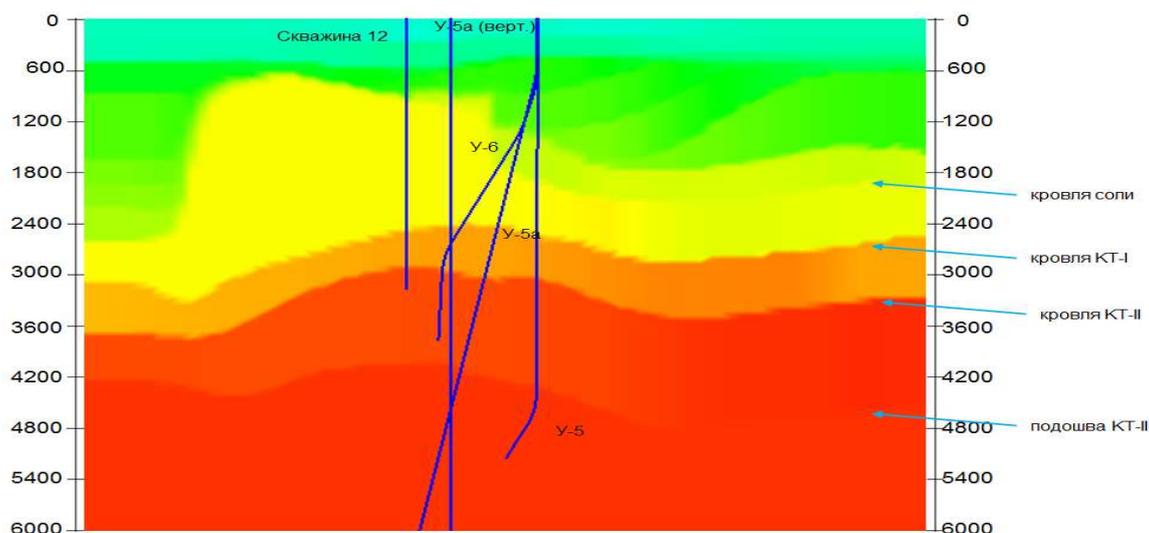


Рисунок 5 – Схема расположения проектных скважин

Траектория скважины У-6 проходит через солевые отложения мощностью 465 метров по вертикали (интервал 1850 – 2315 метров) или 590 метров по стволу (интервал 2080 – 2670 метров). Зенитный угол в данном интервале в соответствии с планируемой траекторией равен 40,37 градусов. Это означает, что вся буровая колонна, находящаяся в данном интервале, будет находиться у нижней стенки ствола скважины, поэтому необходимо минимизировать риски посадок и затяжек КНБК при проведении спуско-подъемных операций и желобообразования в местах перехода солевых отложений к терригенным.

Однако нельзя не отметить тот факт, что наклонно-направленный участок скважины У-5а, также как и у скважины У-6, проходит через солевые отложения, что может являться дополнительным критерием присутствия осложнений во время выполнения технологических операций. Таким образом, для того что выполнить все необходимые требования геомеханического состояния горно-геологической среды в сочетании с обеспечением безаварийности выполнения технологических операций, предлагаются следующие решения:

- Произвести бурение вертикального участка до глубины 2550 метров;
- После бурения вертикального участка произвести набор и удержание зенитного угла более 30 градусов. Схема расположения предлагаемой траектории отображена голубым графиком на рисунке 6.

Полученная информация позволила определить оптимальные параметры проектирования и прохождения наиболее опасных участков при бурении, подбора плотности бурового раствора.

