

УДК 622.276.6  
МРНТИ 52.47.27

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОМЕХАНИКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АО «ЭМБАМУНАЙГАЗ»

П.С. Романенко<sup>1</sup>, И.Г. Алехин<sup>2</sup>, К.Б. Ашимов<sup>1</sup>, С.А. Губашев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup> DeGolyer and MacNaughton Corp, г. Нур-Султан, Казахстан

<sup>3</sup> Атырауский Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Атырау, Казахстан

*В настоящее время в дальнем и ближнем зарубежье для увеличения добычи нефти активно развивается бурение горизонтальных скважин, и ярким примером применения данного вида бурения в Казахстане является компания АО «Эмбаунайгаз». В то же время горизонтальное бурение – это достаточно сложный и дорогостоящий процесс, как и строительство глубоких разведочных скважин, требующий комплексного подхода к планированию и осуществлению работ.*

*При подборе технологических параметров бурения, определении оптимальной конструкции скважин и других характеристик, необходимых для обеспечения целостности ствола скважин и в целом успешного их строительства, важнейшую роль играет геомеханическое моделирование.*

*Модель механических свойств учитывает прочностные характеристики породы, направления горизонтальных напряжений геологической среды и многие другие аспекты, помогающие сделать бурение более безопасным, снизить риск осложнений и сохранить целостность ствола скважины.*

*В данной работе описан процесс создания геомеханических моделей при строительстве сложных горизонтальных скважин на месторождениях АО «Эмбаунайгаз» на основе проведенных керновых геомеханических исследований на м. С. Нуржанов и анализа базы данных гидроразрыва пласта по месторождениям АО «Эмбаунайгаз». В результате был определен безопасный диапазон плотности бурового раствора («безопасное окно бурения»), выданы рекомендации по оптимизации технологических параметров бурения и конструкции скважин.*

*Ключевые слова: горизонтальное бурение, геомеханическое моделирование, прочностные характеристики породы, коридор безопасного бурения, стабильность ствола скважины, градиент обвалообразования.*

### Введение

Геомеханическое моделирование для оптимизации бурения горизонтальных скважин (далее – ГС) в ТОО «КМГ Инжиниринг» начали применять с 2019 г. на месторождениях АО «Эмбаунайгаз» (далее – ЭМГ) после начала возникновения осложнений при переходе к бурению ГС.

На сегодняшний день проведены работы по 1D геомеханическому моделированию для 12 ГС, входящих в план сопровождения скважин ЭМГ на месторождениях Гран, Актобе, Вост. Молдабек, Жанаталап, С. Нуржанов, С. Балгимбаев, Юго-Зап. Камышитовое, Забурунье. Выполнена разработка рекомендаций по планированию безаварийного бурения, включающего следующие виды работ:

- построение опорных 1D геомеханических моделей;
  - сокращение рисков при бурении;
  - выработка рекомендаций.
- Основные задачи проведенных работ:
- разработка рекомендаций по планированию безаварийного бурения;
  - сбор, контроль качества и анализ имеющихся геолого-геофизических и технологических данных;
  - формирование рабочего цифрового проекта;
  - построение модели механических свойств геологической среды (опорных и проектной);
  - расчет устойчивости ствола скважин (опорных и проектной);
  - предоставление необходимого набора параметров для дальнейшего моде-

лирования дизайна гидроразрыва пластов (далее – ГРП) при необходимости.

Для создания качественной и реалистичной модели механических свойств необходим достаточный объем данных по геологическому строению месторождения, сейсморазведке, геофизическим исследованиям скважин, анализам керна, гидродинамическим исследованиям и др. Рассматриваемые месторождения отмечаются хорошей изученностью и наличием необходимой информации, за исключением геомеханических анализов керна и широкополосного акустического каротажа (далее – АКШ).

### Построение моделей опорных скважин

#### Анализ бурения скважин

Процесс построения геомеханической модели традиционно начинается с проведения аудита имеющихся геолого-геофизических данных и материалов по бурению опорных скважин. Для калибровки геомеханической модели необходимо проведение анализа данных

геолого-технологических исследований (далее – ГТИ) и инцидентов при бурении. Наиболее важными являются следующие параметры:

- 1) плотность бурового раствора на входе и выходе;
- 2) расход бурового раствора на входе и выходе;
- 3) общий объем емкостной системы;
- 4) скорость спускоподъемных операций;
- 5) механическая скорость проходки;
- 6) газопоказание;
- 7) вес на крюке.

В рамках аудита были проанализированы суточные буровые рапорты и финальные отчеты по бурению на предмет наличия инцидентов, возникших при бурении. На следующем планшете в качестве примера представлена сводная информация о конструкции скв. 108 м. Актобе, стратиграфической разбивке, используемом типе бурового раствора и плотности, а также график «глубина – день» с отображенными осложнениями как по опорным скважинам, так и по ГС (рис. 1).

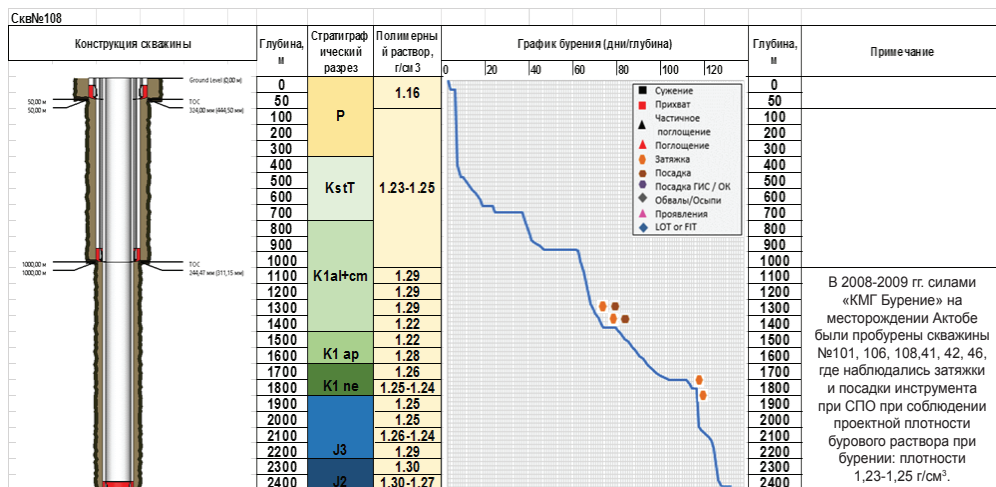


Рисунок 1. Анализ бурения скв. 108, м. Актобе

### Анализ данных геофизических исследований, расчет горного давления и упруго-прочностных характеристик

Анализ данных геофизических исследований является неотъемлемой частью построения 1D геомеханических моделей. На большинстве изучаемых месторождений ЭМГ присутствуют запись продольной акустической волны и каротажа объёмной

плотности пород, однако отсутствует запись поперечной акустической волны, необходимой для расчета упруго-прочностных параметров.

Для восстановления поперечной волны (далее – DTS) была использована зависимость, полученная по м. С. Нуржанов, которое относится к Эмбенско-Провинской группе. В анализе участвовало 3 скв. (337, 538, 540). После восстановле-

ния DTS проводился расчет упругих параметров. Калибровка динамических параметров в статические и расчет прочностных характеристик породы производились по

результатам ядерных исследований. Зависимость продольной акустической волны от поперечной представлена на рис. 2.

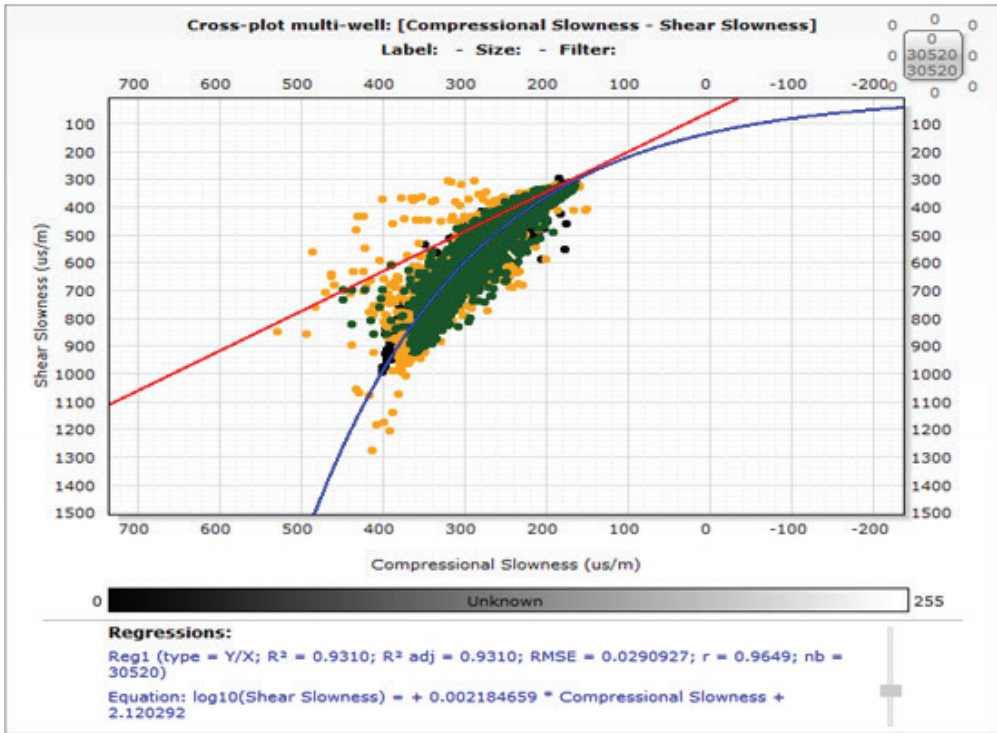


Рисунок 2. Зависимость продольной акустической волны от поперечной

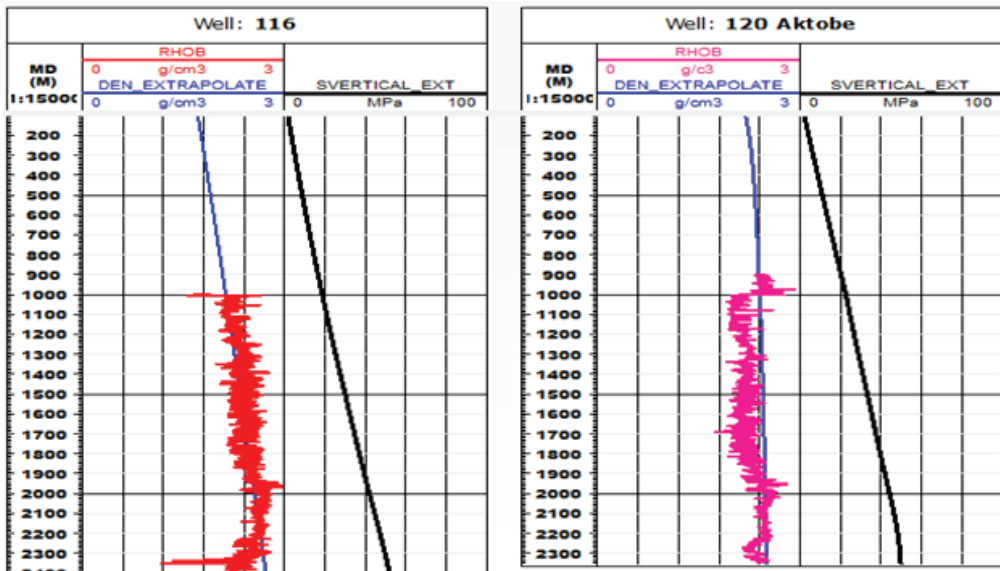


Рисунок 3. Расчет горного давления, м. Актобе

Литостатическое (горное, вертикальное) давление среды создается весом вышележащих пород. Оно рассчитано на основе данных плотностного каротажа в интервалах его наличия и синтетической кривой плотности, соответствующей тренду нормального уплотнения в интервалах отсутствия значений. На рис. 3 представлены примеры расчета горного давления на скв. 116 и 120 м. Актобе.

Как было отмечено ранее, для расчета упруго-прочностных свойств, таких как коэффициент Пуассона, модуль Юнга, прочность при одноосном сжатии, прочность при растяжении, угол внутреннего трения, используются каротажные, а именно: кривые акустических скоростей пробега, кривая объемной плотности и гамма-каротаж. На рис. 4 отражен пример полученных упруго-прочностных свойств по исследуемым скважинам.

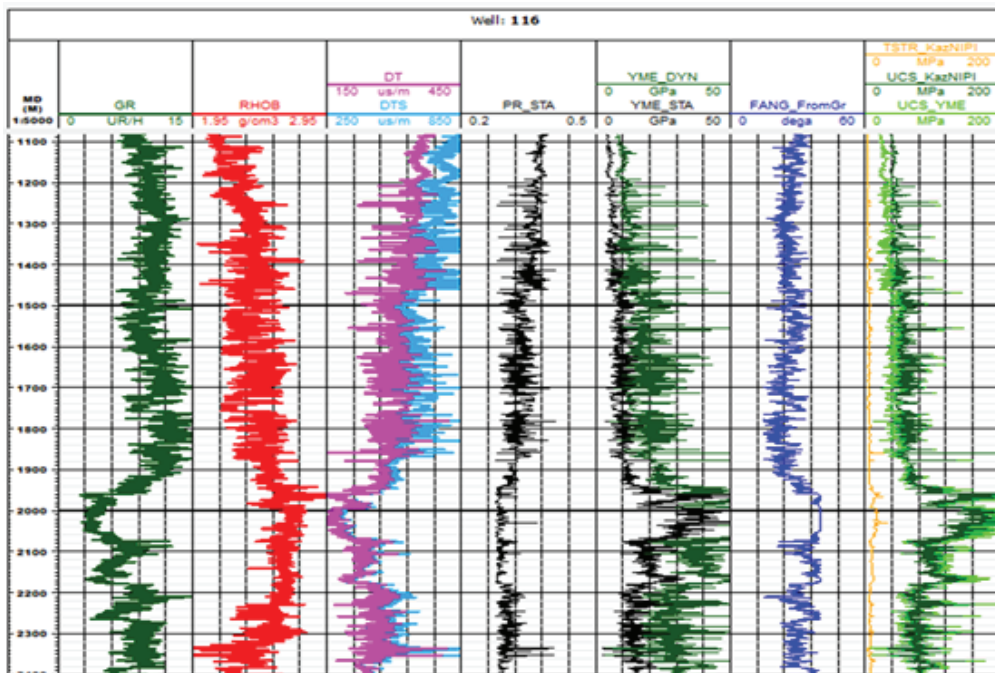


Рисунок 4. Упруго-прочностные свойства, м. Актобе

#### Калибровка минимального горизонтального напряжения

Основную сложность при построении геомеханических моделей представляло отсутствие прямых замеров напряжения, таких как гидравлические тесты extended leak-off test (далее – ELOT) и ГРП в исследуемых интервалах и пластах.

Для калибровки минимального горизонтального напряжения и оценки тектонических констант был предложен следующий уникальный подход:

- анализ данных фрак-листа по месторождениям ЭМГ;
- отбраковка нерелевантных значений давления смыкания трещины ГРП и пластового давления;
- корректировка пластового давле-

ния на основании базы данных гидродинамических исследований скважин (далее – ГДИС);

- построение зависимостей давления смыкания трещины ГРП от пластового давления по всем месторождениям;
- оценка общего тренда;
- калибровка тектонических констант в триасовом и нижнеюрском комплексе;
- использование полученных коэффициентов для расчета минимального и максимального напряжений по рассматриваемым месторождениям.

Рис. 5 отражает полученную общую зависимость по месторождениям ЭМГ. Как видно, все результаты анализа укладываются в единый тренд, что свидетельствует

об общей тектонической нагрузке региона.

Для калибровки тектонических констант была выбрана скв. 538 м. С. Нуржанов. По данной скважине имеются запись широкополосной акустики и замеры ГДИС, и проведено ГРП с оценкой смыкания трещины. Также данная скважина лежит на

полученном тренде по Прорвинской группе (рис. 6). Оцененное пластовое давление составило 242,3 атм на абсолютной глубине 3080 м, забойное давление смыкания трещины ГРП – 410 атм и 389 атм по проведенному замещению и миниГРП соответственно.

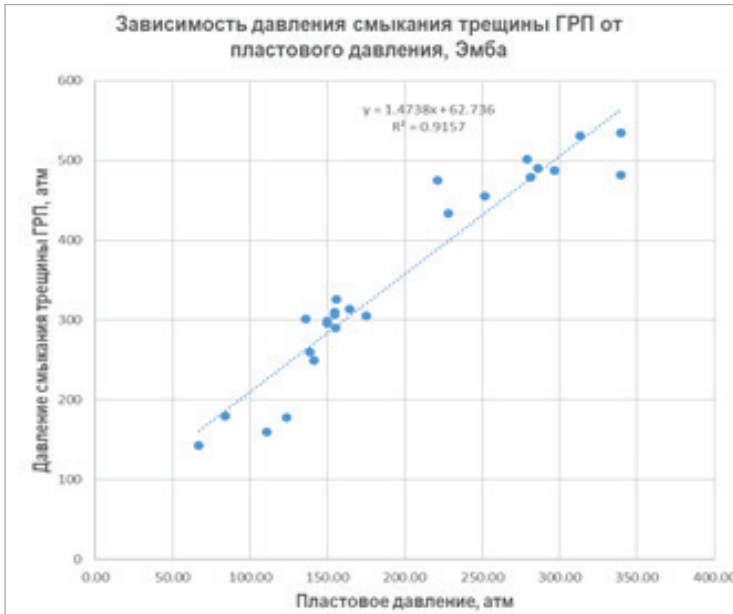


Рисунок 5. Общая зависимость давления смыкания трещины ГРП от пластового давления на месторождениях ЭМГ



Рисунок 6. Зависимость давления смыкания трещины ГРП от пластового давления для Прорвинской группы месторождений



По результатам калибровки (рис. 7) получены следующие тектонические коэффициенты: коэффициент минимального горизонтального напряжения  $\epsilon_H = 0,0001$ , коэффициент максимального горизонтального напряжения  $\epsilon_H = 0,00023$ , коэф-

фициент Биот = 0,9. Стоит отметить, что полученные коэффициенты совпадают с тектоническими коэффициентами на м. Кожасай, что свидетельствует об общем тектоническом региональном тренде.

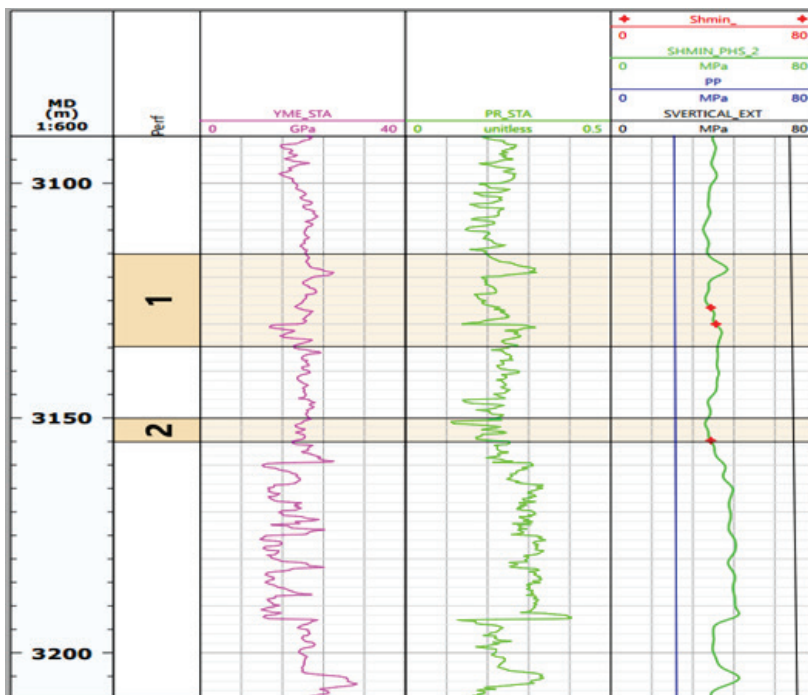


Рисунок 7. Калибровка минимального горизонтального напряжения по скв. 538, м. С. Нуржанов

### Расчет устойчивости скважин

На предыдущих этапах рассчитаны все необходимые входные упругие и прочностные параметры, кривые минимального и максимального горизонтального напряжения. Далее проводился расчет устойчивости стенок как для вертикальных скважин, так и для горизонтальных сценариев. При бурении наклонных скважин и ГС всегда происходит увеличение градиента обвалообразования по сравнению с вертикальным сценарием. Расчет геомеханической модели для проектной ГС позволяет преждевременно идентифицировать возможные риски при бурении, оценить градиенты порового давления, обвалообразования, начала поглощения и гидроразрыва пород, что позволяет в дальнейшем выбрать безопасную плотность бурового раствора.

Ниже представлены примеры расчета геомеханических моделей для вертикаль-

ных и ГС. На скв. 120 м. Актобе при проработке интервала 2277–2361 м отмечались осыпи, представленные плотными глинистыми породами. После обработки бурового раствора и увеличения плотности с 1,25 г/см<sup>3</sup> (красная пунктирная линия) до 1,30 г/см<sup>3</sup> (зеленая линия) бурение транспортной секции закончено без осложнений. Данный факт отлично согласуется с полученной геомеханической моделью и расчетным градиентом обвалообразования, который увеличивается с 1,20 г/см<sup>3</sup> до 1,30–1,35 г/см<sup>3</sup> с глубины 2277 м. При расчете использована прочность породы, полученная по керновым зависимостям.

Таким образом, нестабильность ствола скв. 120 м. Актобе связана с механической нестабильностью глинистой покрышки. Расчетный градиент обвалообразования составил до 1,30–1,35 г/см<sup>3</sup> (рис. 8).

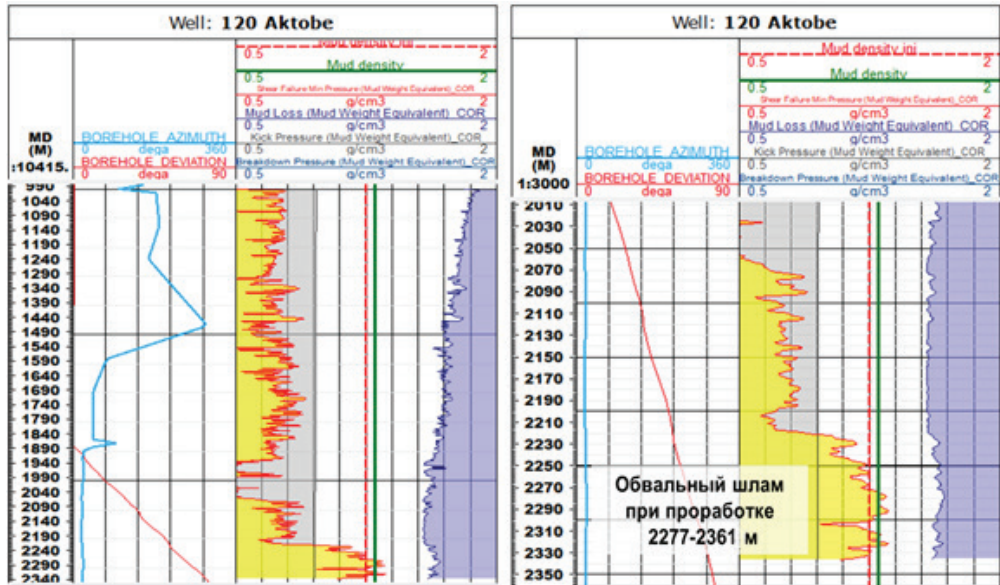


Рисунок 8. Расчет стабильности ствола скв. 120, м. Актобе

Ниже приведен расчет устойчивости скв. 2675 м. Вост. Молдабек (рис. 9). При спуске эксплуатационной колонны происходили многочисленные посадки, которые могут быть связаны с геомеханической нестабильностью пород. Расчетный градиент начала поглощения составил от 1,60 г/см<sup>3</sup> до 1,70 г/см<sup>3</sup>, градиент обвалообразова-

ния – от 0,60 г/см<sup>3</sup> до 1,25–1,30 г/см<sup>3</sup>. При бурении данной скважины использовалась плотность бурового раствора 1,22 г/см<sup>3</sup>, анализ каверномера указывает на отсутствие проблем со стабильностью ствола скважины, что подтверждает расчетный градиент обвалообразования.

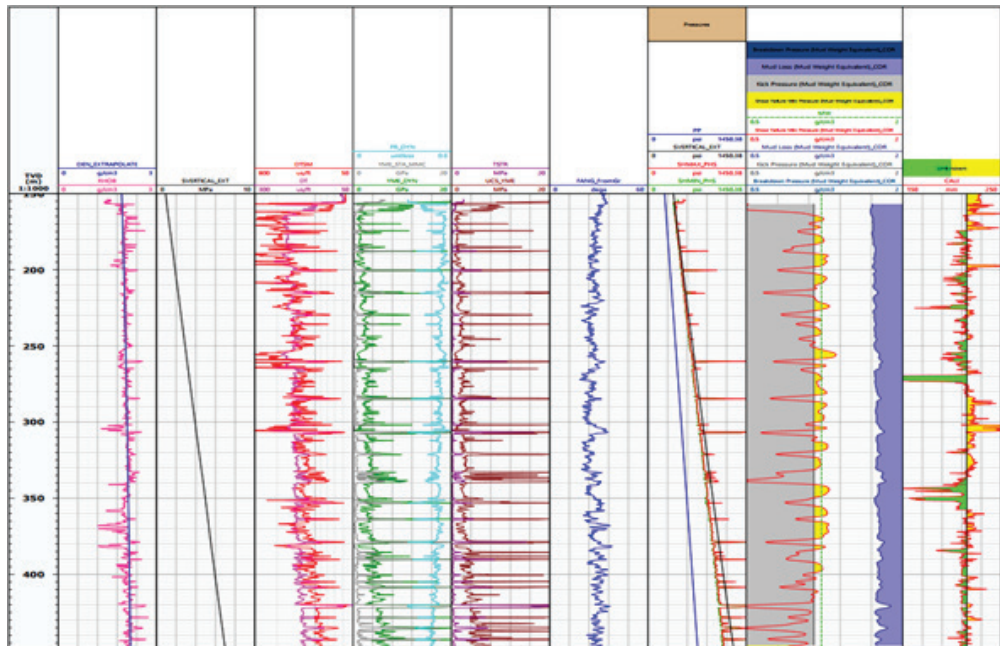


Рисунок 9. Расчет стабильности ствола скв. 2675, м. Вост. Молдабек

Поскольку геомеханической природы осложнений не было выявлено, для детального анализа возникшей ситуации был подготовлен кросс-плот зависимости гамма-каротажа от диаметра ствола скважины (рис. 10). Можно отметить следующие аспекты:

1. Происходит сужение ствола скважины в интервалах с высокими гамма-показаниями. Данные интервалы соответствуют глинистым отложениям.
2. Происходит увеличение диаметра ствола скважины в интервалах с более низкими гамма-показаниями. Данные интервалы соответствуют песчаникам.
3. Полученная тенденция может от-

ражать размыв слабосцементированных песчаников и образование каверн. Напротив, в интервалах более плотных глинистых отложений или глинистых песчаниках происходит образование корки или выпучивание глин.

4. В разрезе присутствуют плотные карбонатные пропластки (низкие гамма-показания) с номинальным диаметром ствола. Данные пропластки выступают своего рода ступеньками между кавернозными интервалами и могут препятствовать нормальному спуску колонн. Также возможны осложнения с хождением инструмента и спуском колонн в интервалах сужения ствола скважины.

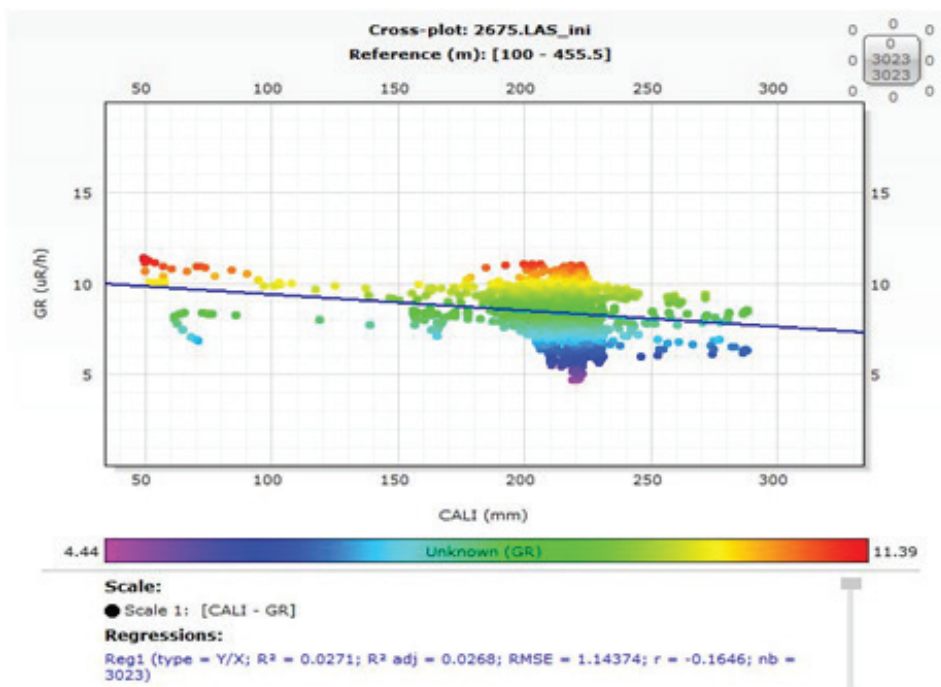


Рисунок 10. Кросс-плот зависимости гамма-каротажа от диаметра скважины, скв. 2675, м. Вост. Молдабек

### Анализ прихвата ГС 718 м. С. Нуржанов

При бурении горизонтальной секции с диаметром Ø152,4 мм ГС 718 м. С. Нуржанов произошел прихват на глубине 2060 м. По сообщению с буровой, буровой инструмент потерял подвижность, циркуляция полная, яс не активируется, возможно, прихвачен. Данные признаки указывают на дифференциальный тип прихвата, для ликвидации которого необходимо снижение статической плотности бурового рас-

твора. Однако при снижении плотности бурового раствора повышаются риски нестабильности ствола скважины.

Расчет рисков обвалообразования при снижении плотности бурового раствора проведен на основании обновленной 1D геомеханической модели по опорной скв. 704 с учетом бурения транспортной секции ГС 718. Оценка рисков производилась с учетом глубины обрушения ствола скважины. Обрушение до 5% является безопасным, от 5% до 10% – приемле-



мым, свыше 10% существует высокий риск физического обрушения ствола скважины (рис. 11).

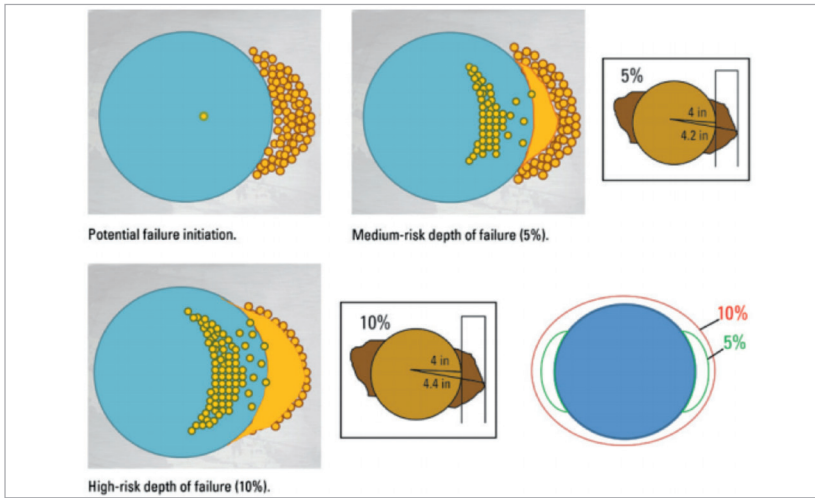


Рисунок 11. Пример глубины обрушения ствола скважины

Наибольший риск обвалообразования в горизонтальной секции соответствует глинистому интервалу 1877–1884 м. Расчетный градиент обвалообразования при нулевом обрушении составил 1,35 г/см<sup>3</sup>, при обрушении 5% – 1,18 г/см<sup>3</sup>, при обру-

шении 10% – 1,12 г/см<sup>3</sup>. Расчеты согласуются с тем, что плотности 1,25 г/см<sup>3</sup> было достаточно для поддержания стабильности ствола скважины, обвального шлама при бурении скв. 718 не наблюдалось (рис. 12).

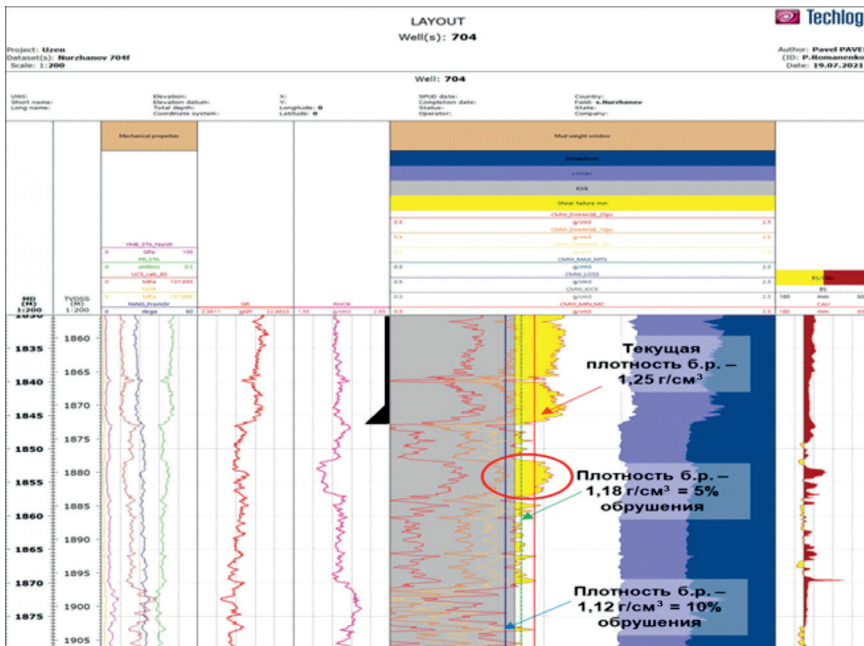


Рисунок 12. Обновление 1D геомеханической модели по скв. 704

Плотности бурового раствора тальной секции, за исключением глинистых интервалов. 1,18 г/см<sup>3</sup> достаточно для поддержания стабильности ствола скважины в горизон-

### Рекомендации

Рекомендуется снизить плотность до  $1,18 \text{ г/см}^3$  для снижения репрессии на пласт и повышения эффективности ликвидации дифференциального прихвата.

Согласно геомеханическим расчетам возможно снижение плотности от  $1,18$  до  $1,12 \text{ г/см}^3$  с приемлемым обрушением от 5% до 10%.

Снижение ниже  $1,12 \text{ г/см}^3$  нежелательно в силу повышения рисков катастрофического обрушения ствола скважины и механического прихвата.

По результатам предоставленных рекомендаций было проведено снижение плотности бурового раствора до  $1,18 \text{ г/см}^3$ , прихват ликвидирован.

### Выводы

Ниже представлены основные выводы и рекомендации по результатам проведения исследований и одномерного геомеханического моделирования:

1. Благодаря качественно выполненным керновым геомеханическим исследованиям скв. 704 м. С. Нуржанов, полученные результаты используются для построения моделей опорных скважин месторождений ЭМГ.

2. По данным проведенного анализа ГРП построена общая зависимость давления смыкания трещины от пластового давления, что необходимо для калибровки минимального горизонтального напряжения. Также в результате анализа подобраны тектонические коэффициенты по скв. 538 м. С. Нуржанов, необходимые для расчетов при моделировании.

3. Наиболее вероятное направление максимального горизонтального напряжения на месторождениях ЭМГ составляет  $100\text{--}150^\circ$ . Наиболее благоприятный азимут бурения ГС и расположение скважин с многостадийным ГРП (далее – МГРП)  $35\text{--}215^\circ$ .

4. Построены геомеханические модели и проведен детальный анализ по скв. 116 и 120, м. Актобе, скв. 264, м. Жанаталап, скв. 2675, м. Вост. Молдабек, скв. 718, м. С. Нуржанов. Произведен расчет горного давления, упруго-прочностных свойств, построены концептуальные модели по скв. 74 м. Гран, скв. 240 м. С. Балгимбаев и др.

5. Основными причинами осложнений при бурении ГС, согласно геомеханическим моделям, являются:

– нестабильность ствола скв. 120 м. Актобе связана с механической нестабильностью глинистой покрышки. Расчетный градиент обвалообразования составил до  $1,30\text{--}1,35 \text{ г/см}^3$ ;

– причина поглощений на ГС м. Жанаталап – превышение градиента порового давления в трещиноватой карбонатной пачке К2. До глубины 200–250 м бурение происходит на депрессии из-за альтитуды скважин ниже уровня моря;

– на м. Молдабек в ГС происходит разрыв слабосцементированных песчаников и образование каверн. Напротив, в интервалах более плотных глинистых отложений или глинистых песчаниках происходит образование корки или выпучивание глин;

– наибольший риск обвалообразования ГС 718 м. С. Нуржанов в горизонтальной секции соответствует глинистому интервалу 1877–1884 м. Расчетный градиент обвалообразования при нулевом обрушении составил  $1,35 \text{ г/см}^3$ , при обрушении 5% –  $1,18 \text{ г/см}^3$ , при обрушении 10% –  $1,12 \text{ г/см}^3$ ;

– в соответствии с выявленными причинами выданы следующие рекомендации по предотвращению осложнений:

1. Рекомендуется проведение керновых исследований для верхнеюрских пластов м. Вост. Молдабек, Жанаталап, С. Балгимбаев, Досмухамбетовское.

2. Рекомендуется провести микроимиджеровые исследования или запись многорычажного каверномера на месторождениях с планируемыми операциями МГРП для качественного заложения азимута скважин и увеличения объема стимуляции коллектора.

3. Для более точных расчетов прочностных характеристик пород рекомендуется на месторождениях провести исследования АКШ как минимум в одной опорной вертикальной скважине.

4. Рекомендуется проведение тестов ELOT. Это необходимо для калибровки градиента начала поглощения, определения градиента ГРП, расчета глубины спуска колонн.

5. Рекомендуется производить предбуровое 1D геомеханическое моделирование ГС для оценки рисков нестабильности ствола скважины и снижения аварийности на м. С. Нуржанов, Актобе, Досмухамбетовское и их аналогах, а также скважин с ГРП.

### Список использованной литературы

1. Месторождения нефти и газа Казахстана. Справочник. – Алматы, Минеральные ресурсы Казахстана, 1999, 325 с. // Mestorozhdenija nefti i gaza Kazakhstana [Oil and gas fields in Kazakhstan]. Spravochnik [Handbook. – Almaty, Mineral'nye resursy Kazakhstana [Mineral resources of Kazakhstan], 1999, 325 p.
2. Билинчук А.В., Листик А.Р., Киндюк В.А., Арзуманян П.С. Аспекты проводки ГС в условиях применения стандартного или расширенного комплекса геофизических исследований скважин во время бурения. – ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти, 2018, № 1(7), с. 20–27. // Bilinchuk A.V., Listik A.R., Kindjuk V.A., Arzumanjan P.S. Aspekty provodki GS v uslovijah primenenija standartnogo ili rasshirennogo kompleksa geofizicheskikh issledovanij skvazhin vo vremja burenija [Aspects of horizontal well drilling in the conditions of using a standard or extended complex of geophysical surveys of wells during drilling. – PRONEFT". Professional'no o nefti [Professional about oil], 2018, No. 1(7), pp. 20–27.
3. Науkenov А.Ж., Гончаров И.В. Методика по оценке технико-экономической эффективности буровых работ и геолого-технических мероприятий группы компаний АО НК «КазМунайГаз». – Астана, АО НК «КазМунайГаз», 2017 г. // Naukenov A.Zh., Goncharov I.V. Metodika po ocenke tehniko-ekonomicheskoi effektivnosti burovyh rabot i geologo-technicheskikh meroprijatii gruppy kompanii AO NK «KazMunayGas» [Methodology for assessing the technical and economic efficiency of drilling operations and geological and technical measures of the group of companies of JSC NC "KazMunayGas"]. – Astana, AO NK «KazMunayGas», 2017.
4. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – М., Недра, 1989. 332 с. // Turchaninov I.A., Iofis M.A., Kaspar'jan Je.V. Osnovy mehaniki gornyh porod [Fundamentals of geomechanics]. – Moscow, Nedra, 1989, p. 332.
5. Желтов Ю.П. Деформации горных пород. – М., Недра, 1966. 198 с. // Zheltov Ju.P. Deformacii gornyh porod [Rock Deformations]. – Moscow, Nedra, 1966, 198 p.
6. Оптимизация размещения и режимов работы новых скважин на основе учёта влияния трещиноватости и геомеханических параметров продуктивных объектов при проектировании и разработке АГКМ: Отчёт о работе/ПГТУ; Рук. работы Кашников Ю.А. – Фонды ООО «Астрахангазпром», Астрахань, 2006. // Optimizacija razmeshhenija i rezhimov raboty novyh skvazhin na osnove uchjota vlijanija treshhinovatosti i geomechanicheskikh parametrov produktivnyh ob'ektov pri proektirovanii i razrabotke AGKM: Otchet o rabote/PGTU [Optimization of placement and work modes of new wells based on the impact of fracturing and geomechanical parameters of productive objects in the design and development of the Astrakhan gas-condensate field: Work Report/ HTP TP]; Ruk. raboty Kashnikov Ju.A. – Fondy ООО «Astrahangazprom», Astrahan', 2006.

## «ЕМБІМҰНАЙГАЗ» АҚ КЕН ОРЫНДАРЫНДА КӨЛДЕНЕҢ ҰҢҒЫМАЛАРЫ ҚҰРЫЛЫСЫНДА ГЕОМЕХАНИКАНЫ ҚОЛДАНУ

П.С. Романенко<sup>1</sup>, И.Г. Алехин<sup>2</sup>, К.Б. Ашимов<sup>1</sup>, С.А. Губашев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> «ҚМГ Инжиниринг» ЖШС, Нұр-Сұлтан қ-сы, Қазақстан

<sup>2</sup> DeGolyer and MacNaughton Corp, Нұр-Сұлтан қ-сы, Қазақстан

<sup>3</sup> «ҚМГ Инжиниринг» ЖШС Атыраулық филиалы, Атырау қ-сы, Қазақстан

*Қазіргі уақытта мұнай өндіруді ұлғайту үшін алыс және жақын шетелдерде көлденең ұңғымаларды бұрғылау белсенді түрде дамып келеді және «Ембімұнайгаз» АҚ Қазақстанда бұрғылаудың осы түрін қолданудың айқын мысалы болып табылады. Сонымен қатар, көлденең бұрғылау терең барлау ұңғымалары құрылысы сияқты айтарлықтай күрделі және қымбат процесс болып табылады, бұл жұмысты жоспарлау мен орындау кешенді көзқарасты талап етеді.*

*Бұрғылаудың технологиялық параметрлерін таңдауда, ұңғыманың оңтайлы конструкциясын және ұңғыма оқпанының тұтастығын қамтамасыз ету үшін қажетті басқа сипаттамаларды анықтау және жалпы алғанда, олардың сәтті құрылысын геомеханикалық модельдеу маңызды рөл атқарады.*

Механикалық қасиеттер моделі тау жыныстарының беріктік сипаттамаларын, геологиялық ортаның көлденең кернеулерінің бағытын және бұрғылауды қауіпсіз етуге, асқыну қаупін азайтуға және ұңғыма оқпанының тұтастығын сақтауға көмектесетін көптеген басқа аспектілерді ескереді.

Бұл жұмыста «Ембімұнайгаз» АҚ кен орындарында күрделі көлденең ұңғымалары құрылысы кезіндегі геомеханикалық модельдерді құру процесі С.Нұржанов атындағы кен орындағы негізгі геомеханикалық зерттеулер және «Ембімұнайгаз» АҚ кен орындарының гидравликалық жару деректер базасын талдау нәтижесінде сипатталған. оның ішінде қауіпсіз бұрғылау сұйықтығының тығыздық диапазоны («бұрғылаудың қауіпсіз терезесі»), бұрғылаудың технологиялық параметрлерін оңтайландыру және ұңғымаларды жобалау бойынша ұсыныстар берілді.

Негізгі сөздер: көлденең бұрғылау, геомеханикалық модельдеу, тау жыныстарының беріктік сипаттамалары, қауіпсіз бұрғылау дәлізі, ұңғыма оқпанының тұрақтылығы, үңгір градиенті.

## APPLICATION OF GEOMECHANICS IN THE CONSTRUCTION OF HORIZONTAL WELLS AT THE FIELDS OF EMBAMUNAIGAS JSC

P.S. Romanenko<sup>1</sup>, I.G. Alekhin<sup>2</sup>, K.B. Ashimov<sup>1</sup>, S.A. Gubashev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> KMG Engineering LLP, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>2</sup> DeGolyer and MacNaughton Corp, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>3</sup> Atyrau branch of “KMG Engineering LLP”, Atyrau, Kazakhstan

Horizontal drilling is currently being actively developed in the near and far abroad to increase oil production, and Embamunaigas JSC is a prime example of this type of drilling in Kazakhstan. At the same time, horizontal drilling is a fairly complex and costly process, just like the construction of deep exploration wells, which requires a comprehensive approach to planning and execution of work.

Geomechanical modelling plays a crucial role in selecting process parameters for drilling, determining optimum well design and other characteristics required to ensure wellbore integrity and overall well construction success.

The mechanical properties model takes into account rock strength characteristics, horizontal stress directions of the geological environment and many other aspects that help make drilling safer, reduce the risk of complications and maintain borehole integrity.

This study describes the process of creating geomechanical models for the construction of complex horizontal wells in the fields of Embamunaigas JSC based on the geomechanical core studies carried out at the S. Nurzhanov field and an analysis of the hydraulic fracturing database for the fields of Embamunaigas JSC. As a result, a safe drilling mud density range (“safe drilling window”) was determined and recommendations were given for the optimisation of drilling parameters and well design.

Key words: horizontal drilling, geomechanical modelling, rock strength characteristics, safe drilling corridor, borehole stability, caving formation gradient.

### Информация об авторах

**\*Романенко Павел Сергеевич** – ведущий инженер службы онлайн бурения, [p.romanenko@niikmg.kz](mailto:p.romanenko@niikmg.kz).

**Ашимов Канат Берикханович** – эксперт службы онлайн бурения, [k.ashimov@niikmg.kz](mailto:k.ashimov@niikmg.kz),

ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Нур-Султан, Казахстан

**Губашев Сарсенбай Абилович** – директор департамента проектирования бурения, [gubashev.s@kmg.kz](mailto:gubashev.s@kmg.kz).

Атырауский Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Атырау, Казахстан

**Алехин Илья Георгиевич** – эксперт геомеханик, [i.alekhin@niikmg.kz](mailto:i.alekhin@niikmg.kz).

DeGolyer and MacNaughton Corp, г. Нур-Султан, Казахстан

\*Автор, ответственный за переписку