

УДК 550.822

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АО «ЭМБАМУНАЙГАЗ»

А.Ж. Наукенов, А.Е. Мусаханов, А.У. Джакиева, К.Б. Ашимов, К.А. Сарбаев, П.С. Романенко, А.А. Жансеркеева

Одно из направлений увеличения коэффициента нефтеизвлечения, эффективной разработки невовлеченных запасов, а также поддержания текущей добычи – это бурение горизонтальных скважин. Были рассмотрены и проанализированы все месторождения АО «Эмбаунайгаз», по которым существуют постоянно действующие геолого-гидродинамические модели, на которых подобраны и просчитаны местоположения проектных горизонтальных скважин.

В данной работе определены необходимые условия для повышения эффективности горизонтального бурения, проведены оптимизация длины горизонтальной секции, анализ участков заложения, экспертиза секторных гидродинамических моделей, факторный анализ фактических дебитов и анализ текущей работы глубинно-насосного оборудования, проанализированы изменения физико-химических свойств, энергетическое состояние зон горизонтальных скважин.

Ключевые слова: горизонтальное бурение, геонавигация, продуктивный горизонт.

Введение

На сегодняшний день на месторождениях Гран, В. Молдабек, Актобе, Жанаталап, Забурунье, С. Балгимбаев и Ю-3. Камышитовое успешно пробурены все плановые 9 горизонтальных скважин (далее – ГС).

Определены следующие критерии для заложения ГС:

- водоплавающие залежи (низкий охват разработки пласта вертикальными скважинами ввиду конусообразования и плохого качества сцепления цемента);
- маломощные, не вовлеченные в разработку пласты (как правило, маломощные пласты не вовлечены в разработку действующими вертикальными скважинами ввиду низкого дебита или работы совместно с основными высокопроницаемыми пластами);
- высоковязкие объекты (в высоковязких пластах закачиваемая вода прорывается к забою добывающих скважин по подошве коллектора, тем самым обводняя продукцию скважины).

Применение ГС значительно увеличивает площадь дренирования, коэффициент проводимости, а также снижает вероятность прорыва подошвенной воды по заколонному пространству.

Геолого-промысловый анализ 5 пробуренных ГС в 2019 г.

Проведен анализ эффективности горизонтального бурения по 5 скважинам ЭМГ, пробуренным в пределах месторождений В. Уаз, С. Нуржанов, В. Молдабек и С. Балгимбаев в 2019 г.

На основе результатов геолого-геофизических материалов скважин и геологических моделей проанализировано геологическое строение продуктивных целевых объектов триасового, среднеюрского и нижнемелового возраста, расположенных в пределах юга, юго-запада и юго-востока Прикаспийской впадины. В тектоническом отношении все месторождения приурочены к солянокупольным структурам и характеризуются сложным геологическим строением [1].

Дополнительно проанализированы результаты данных сейсморазведки по месторождениям В. Уаз, С. Нуржанов, В. Молдабек, проведен анализ сейсмических атрибутов.

По итогам работ определены необходимые условия для повышения эффективности горизонтального бурения на месторождениях ЭМГ, что позволит потенциально повысить входные дебиты ГС, оптимизировать длину горизонтальной секции и в конечном счете повысить нефтеотдачу пластов (при совместной разработке нескольких горизонтов, для пластов с неоднородным литолого-фациальным строением, для пластов с мощностью менее 5 м, для запасов, расположенных в водонефтяной зоне) (рис. 1).

По итогам анализа эксплуатационных характеристик дебиты нефти ГСкратно выше по сравнению с вертикальными скважинами

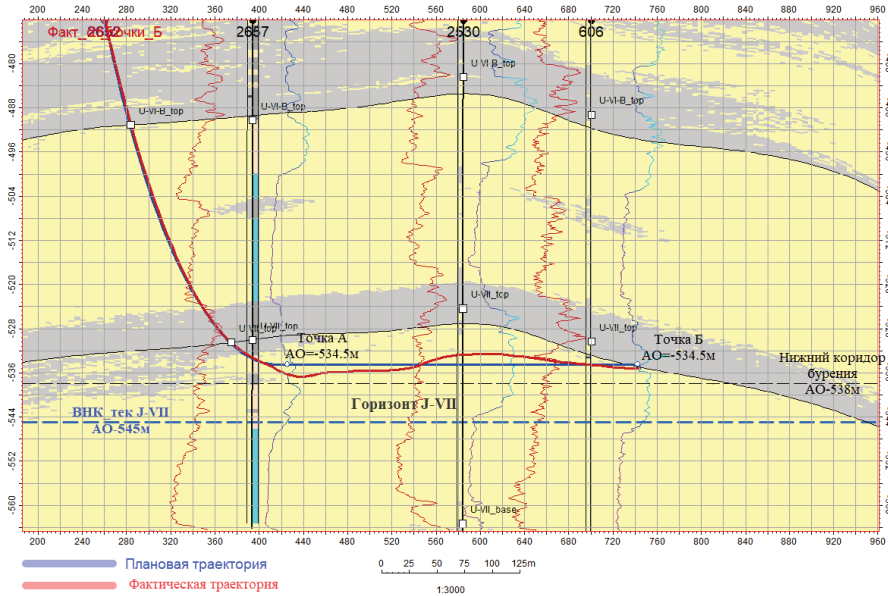


Рисунок 1. Геологический разрез по кубу литологии вдоль траектории скв. 2652, В. Молдабек

По 3 скважинам доля вскрытия коллектора превысила 80% (рис. 2). По скважине NRG_0805 (С. Нуржанов) проведен многостадийный гидравлический разрыв пласта, скважина в эксплуатацию не введена по технологическим причинам. Не-

обходимо проводить дальнейший мониторинг [2].

Добычные характеристики пластов в первую очередь определяются фильтрационно-емкостными свойствами (далее – ФЕС), что контролирует входные дебиты по ГС (рис. 3).

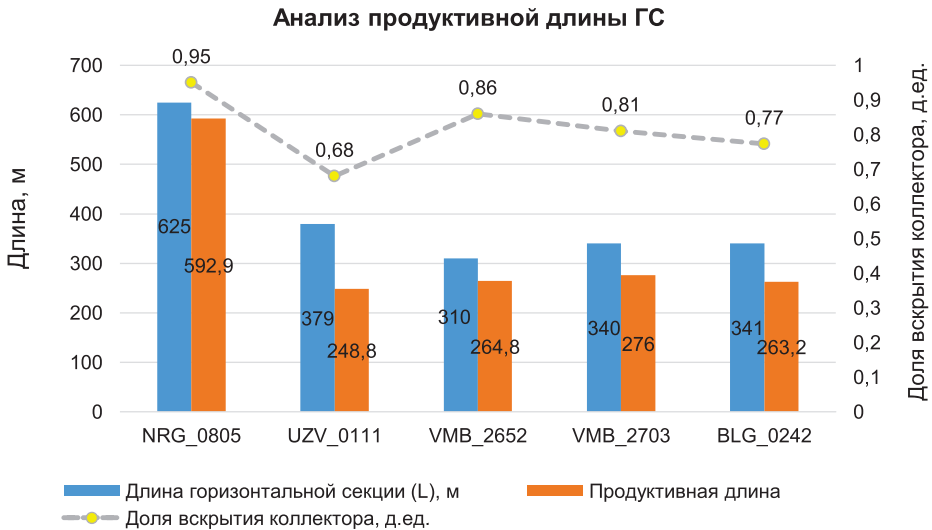


Рисунок 2. Доля вскрытия коллектора и длина ГС

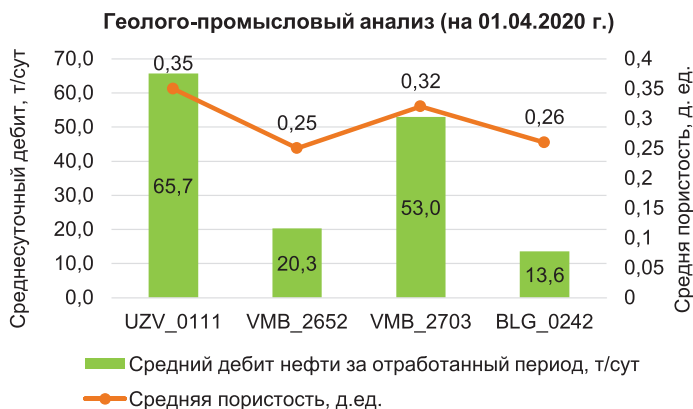


Рисунок 3. Сопоставление средней пористости и среднесуточного дебита по нефти для ГС

По итогам анализа геологических условий проводки скважин следует отметить, что районы заложения скважин подобраны с учетом высоких остаточных извлекаемых запасов нефти. Для всех 5 скважин выполнен оптимальный комплекс геофизических исследований (далее – ГИС).

По материалам каротажа во время бурения (далее – LWD) для наклонной и горизонтальной секций, включающих исходные данные и результаты интерпретации, проведено сопоставление разрезов ГС с их ближайшим окружением [3, 4]. Определены параметры коллекторов: пористость, насыщенность, эффективная мощность по замеренной и абсолютной глубинам. Оценена доля коллектора в интервале, вскрытом горизонтальной секцией скважин. Доля коллектора рассчитывалась как отношение суммарной мощности продуктивных пропластков, выделенных в горизонтальной части скважины, к общей мощности, вскрытой горизонтальным стволом (от точки А до забоя, определенного по каротажным данным).

В связи с тем, что дебиты горизонтальных скважин существенно зависят от продуктивной длины горизонтального участка и ФЕС вскрываемых целевых объектов, необходимо при планировании горизонтального бурения выполнять следующие условия:

Необходимо обосновать ограниченный или расширенный комплекс ГИС во время бурения (LWD), методику интерпретации ГИС в зависимости от сложности геологических условий (при блочном тектоническом строении, высокой расчлененности пласта > 3 и песчаности < 60%, стратиграфической мощности < 5 м).

Необходимо повышать качество геолого-гидродинамических моделей в соответствии со Стандартом ТОО «КМГ Инжиниринг» [5] и их фактическое, а не формальное, использование при оптимизации/обосновании длины ГС и прогнозе дебитов горизонтальных скважин.

При планировании горизонтального бурения в объектах с высокой латеральной неоднородностью необходимо учитывать литолого-фациальный фактор при построении геологических моделей.

Проводить экспертизу секторных геологических моделей, используемых для сопровождения горизонтального бурения.

При геологическом сопровождении бурения необходимо использовать процедуры принятия решений по изменению и корректировке траектории ГС в режиме реального времени.

Геолого-промысловый анализ 9 проектных горизонтальных скважин в 2020 г.

На основе результатов горизонтального бурения по ЭМГ за 2019 г., анализа геологических моделей месторождений, данных ГИС, сеймики были детально рассмотрены геолого-геофизические условия заложения проектных ГС, определены геологические риски и неопределенности.

Скважины спроектированы на участках залежей с промышленными запасами (категории А, В, С1). Прогнозные средние дебиты нефти взяты по данным ЭМГ из ковра бурения. При расчете дебитов геолого-гидродинамические модели не использовались. На рис. 4 показано ранжирование дебитов проектных ГС в зависимости от длины горизонтальной части ствола скважины.



Рисунок 4. Ранжирование проектных скважин по длине горизонтального участка

Геолого-технологическое сопровождение бурения сложных скважин (горизонтальные и наклонно-направленные скважины, зарезка бокового горизонтального ствола) в режиме реального времени

Существуют 2 методики геонавигации – реактивная и проактивная. Реактивная геонавигация осуществляется при помощи винтового забойного двигателя (далее – ВЗД), и в качестве минимального набора каротажа всегда используется гамма-каротаж (рис. 5). Проактивная геонавигация ведется при помощи современной технологии роторных управляемых систем (далее – РУС), и в процессе бурения горизонта моделируется инверсия сопротивления (картограф). Это значит, что мы можем ре-

агировать не по факту выхода из целевого пласта, а заблаговременно совершать маневры, оценивая расстояние до низкоомной границы (рис. 6).

Преимущество технологии РУС перед ВЗД ещё и в том, что она имеет минимальную зону непромера датчиков MWD/LWD, что особенно актуально для маломощных горизонтов. РУС дает возможность бурить с постоянным вращением бурильной колонны, заметно сокращая риски возникновения аварий и осложнений, существенно сокращается срок строительства скважины. Постоянное вращение бурильной колонны позволяет бурить скважины с большим отходом от вертикали и равномерно распределять извилистость без наличия локальных интенсивных участков ствола [6].

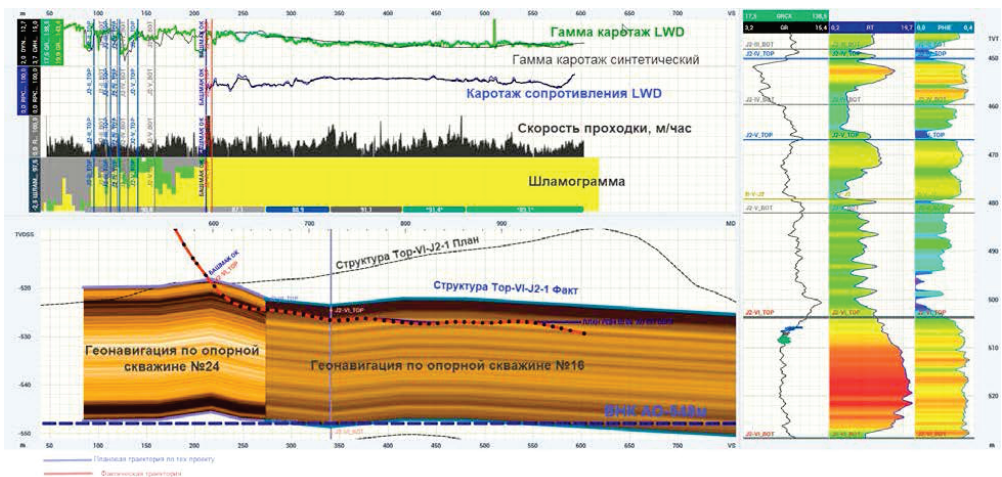


Рисунок 5. Реактивная геонавигация ГС 76 месторождения Гран

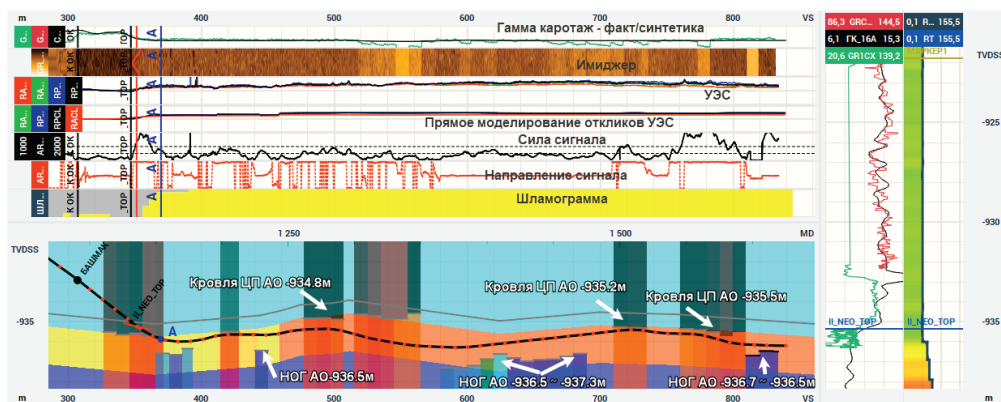


Рисунок 6. Проактивная геонавигация ГС 153 месторождения Забурунье ЦП – целевой пласт; НОГ – низкоомная граница

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что при моделировании бурения:

- секторная модель обновляется с учетом бурения всех скважин, и по ней проводится корреляция, уточняются формы (структура, наличие тектонических нарушений и межфлюидальных контактов) и неоднородности целевого пласта, расстояние до соседних скважин – более 30 м;
- моделирование нескольких сценариев геонавигации с учетом максимально допустимого DLS 6°/30 м.

Бурение ГС должно сопровождаться 24/7 службой геонавигации и технологии бурения для оперативной выдачи рекомендаций по изменению траектории и параметров бурения с доступом к передаче данных через WITSML.

Анализ проектирования геонавигации и строительства 9 новых горизонтальных скважин

Согласно утвержденному календарному плану в режиме реального времени пробурено 9 ГС на месторождениях Гран, В. Молдабек, Актобе, Жанаталап, Забурунье, С. Балгимбаев и Ю-3. Камышитовое (табл. 1).

В связи с этим проведены нижеследующие подготовительные работы к сопровождению скважин по части геонавигации и бурения:

- секторный анализ геологического строения участка залежи, на котором планируется бурение;
- выданы рекомендации в целях минимизации геологических и технологических рисков при проводке горизонтальных участков;
- анализ возможных технологических рисков при бурении.

Таблица 1. Выводы блока бурения по проектным горизонтальным скважинам

№	Месторождение	№ ГС	Заключение	
			Геонавигация	Бурение
1	Гран	76	Геологические цели достигнуты.	Бурение успешно завершено.
2	Гран	78	Высокий риск выхода горизонтальной секции за разлом в зону глинистой или водонасыщенной части горизонта. Пересмотреть геологическую модель месторождения. Затруднено выделение разломов по 2D сейсмическим данным.	Наблюдается синусоидальный и продольный изгиб бурильных труб при спуске. Рекомендуется заменить бурильные трубы на более жесткие.

3	С. Балгимбаев	245	Целевой горизонт II-пе. Нижний целевой пласт II-пе, согласно соседним скважинам, имеет вертикальную мощность ~3,7 м. Кровля по текущим литологическим построениям ожидается на -667,5 м. Согласно опорным скважинам, форма гамма-каротажа нижнего целевого пласта II-пе является воронкообразной.	При бурении под эксплуатационную колонну и горизонтальной секции наблюдаются отклонения. Рекомендуется: <ul style="list-style-type: none">увеличить производительность насосов для обеспечения выноса шлама на поверхность до 30 л/сек;увеличить производительность насосов для обеспечения выноса шлама на поверхность до 19 л/сек.
4	Жанаталап	281	Существует достаточно высокий риск столкновения со скважинами № 271, 274, 306. Для недопущения столкновения рекомендуется изменить азимут бурения.	Минимальный коэффициент сепарации варьируется от 0,55 (скв. № 306) до 1,0 (скв. № 273), что является недопустимым значением.
5	Забурунье	153	Рекомендуется отказаться от бурения данной скважины из-за высокого риска получить пластовую воду.	Рекомендуется: <ul style="list-style-type: none">увеличить производительность насосов для обеспечения выноса шлама на поверхность до 30 л/сек.;оптимизировать компоновку низа буровой колонны (далее – КНБК) при направленном способе бурения (слайдировании) для обеспечения нагрузки на долото 2 т.
6	Ю-3. Камышитовое	H1	Для успешного бурения в пластах с небольшой толщиной рекомендуется использовать расширенный комплекс LWD с инверсией сопротивлений.	В горизонтальной части наблюдается несоответствие режима бурения. Рекомендуется оптимизировать КНБК для 149,2 мм секции.
7	Актобе	120	Форма гамма-каротажа пласта J-VIII является симметричной.	Выданные рекомендации по бурению отработаны.
8	В. Молдабек	2737	Целевой горизонт J-I хорошо коррелируется по соседним скважинам, толщина достигает порядка 10 м.	Нарушения/отклонения не наблюдаются.
9	В. Молдабек	2907	Геологические цели достигнуты.	Бурение успешно завершено.

Разработка

При бурении новых ГС рекомендуется провести детальный анализ имеющейся исходной PVT-информации по соседним или близлежащим скважинам с целью уточнения свойств пластовых флюидов.

Если изученность данного целевого горизонта представлена в полном объеме, то нет необходимости для отбора новых проб при бурении. Это позволяет, в свою очередь, оптимизировать затраты на лабораторные исследования.

Расчет фактической и прогнозной добычи выполнялся согласно утвержденной «Методике по оценке технико-экономической эффективности буровых работ и геолого-технических мероприятий группы компаний АО «НК «КазМунайГаз» [7], при этом принятый коэффициент эксплуатации составил 0,95 д. ед. Темпы падений по месторождениям приведены в табл. 2.

Таблица 2. Темпы падения по месторождениям

Код	Месторождение	Темп падения
BLG	С. Балгимбаев	18,5%
UZK	Ю-3. Камышитовое	22,9%
ZHT	Жанаталап	16,5%
GRN	Гран	22,8%
ZBN	Забурунье	12,0%
ATB	Актобе	9,0%
VMB	В. Молдабек	14,7%
UZV	В. Уз	15,0%

Оценка эффективности существующих способов механизированной добычи скважин

По результатам анализа работы фактически пробуренных ГС выбор способа эксплуатации для высокопродуктивных и глубоких скважин стоит в пользу установки винтового штангового насоса (далее – УШГН), электровинтового насоса, электроприводного центробежного насоса.

Эксплуатация средне- и малodeбитных неглубоких (по вертикальному стволу до 300 м) скважин возможна с помощью УШГН.

Фактически пробуренные ГС оборудованы винтовыми штанговыми насосами, что соответствует геолого-технологическим условиям добычи и физико-химическим свойствам добываемой продукции.

В связи с частыми отказами штанговой колонны целесообразно рассмотреть на ГС применение бесштанговых электровинтовых насосов, опытное испытание которых успешно проведено на месторождениях ЭМГ.

Основные осложнения при добыче на данных месторождениях по результатам анализа соседних по продуктивному горизонту скважин – интенсивное пескопроявление/мехпримеси, асфальтосмолопарафиновые отложения.

Основные виды ремонтов, характерные для месторождений, проводятся по устранению обрыва штанг, износа плунжерной/роторной пары.

Основная концепция при подборе насосного оборудования для эксплуатации ГС – подбор по производительности при фактической продуктивности скважин и по необходимому напору, спуск в вертикальную часть ствола скважины с допустимыми отклонениями по инклинометрии.

ГС эксплуатируются зачастую с нерезервированным потенциалом, резервом по

производительности: сниженная производительность насоса (типоразмер), неоптимальные параметры от качки, вероятные утечки в элементах глубинного насосного оборудования (далее – ГНО).

Оценка потенциала скважин, как фонтанных, так и механизированных, производится методом отслеживания уровней (эхолот), как в период эксплуатации, так и в период гидродинамических исследований (далее – ГДИС). Корректность результатов отбивки динамического уровня по итогам анализа сомнительна, что отмечено в отчетах ГДИС: в ГС при исследовании и оценке продуктивности предпочтительны непосредственные замеры забойного давления глубинным манометром.

Работа ГНО в условиях неопределенных уровней может быть неэффективна – с низким коэффициентом подачи либо периодической работой в режиме «полупонтан».

На сегодняшний день области применения альтернативных способов механизированной добычи зачастую перекрываются из-за совершенствования конструктива ГНО, дополнительного применения средств химической защиты (ингибирования) и пр. Следовательно, решение о внедрении способа механизированной добычи должно приниматься, исходя из актуальной ситуации на момент перехода на механизацию, а именно: конструкции фактических скважин, текущей продуктивности, результатов опробования скважин, экономической рентабельности.

Выводы

На основании проведенного анализа по 5 пробуренным ГС ЭМГ сделаны выводы, которые должны учитываться при подборе, планировании и анализе последующих ГС:

Применение горизонтального бурения для пластов с высокой геологической неоднородностью и расчлененностью, мало-

мощных горизонтов (менее 5 м) позволило повысить нефтеотдачу и вовлечь слабо дренируемые запасы в разработку. Для залежей месторождения В. Молдабек с высоковязкой нефтью горизонтальное бурение способствует снижению быстрого роста обводненности скважинной продукции для запасов, расположенных в приконтурной зоне.

4 скважины работают с дебитом нефти выше планового, скважина NRG_0805 месторождения С. Нуржанов не введена в эксплуатацию по причине высокого газового фактора.

Все введенные в эксплуатацию скважины отличаются низкой обводненностью при различной степени выработки извлекаемых запасов нефти, что говорит о возможности расширенного использования технологии на объектах с высокой выработкой.

При аналитических расчетах предлагается учитывать поправочный коэффициент для доли коллектора, равный 0,7. Для прогнозного коэффициента продуктивности использовать двухкратное увеличение среднего коэффициента продуктивности по окружающим скважинам, полученного в результате гидродинамических исследований на стационарном и нестационарном режимах. Для уточнения оценки пластового давления следует учитывать текущие замеры по скважинам окружения и расчетным путем приводить на уровень глубины,

соответствующий плановой траектории.

До начала бурения ГС рекомендуется составить и выполнить программу работ по уточнению физико-химических свойств пластовых флюидов по скважинам окружения. Полученные результаты после оценки качества использовать при интерпретации данных ГДИС, построении и адаптации секторных гидродинамических моделей и подборе глубинного насосного оборудования.

В целях улучшения прогноза показателей разработки ГС при расчете различных сценариев на секторных гидродинамических моделях следует на этапе построения модели использовать уточненные физико-химические свойства пластовых флюидов, использовать данные гидродинамических исследований для корректировки проницаемости в модели, обеспечивать качественный переход от геологической модели к гидродинамической без потери неоднородности и улучшать качество адаптации моделей.

При бурении ГС с высоким уровнем сложности геологических условий и технологии бурения рекомендуется междисциплинарный подход к работе: привлечение специалистов из смежных областей (петрофизика, сейсморазведка, геомеханика и др.), использование широкого комплекса каротажа во время бурения LWD (в т.ч. картограф) и геолого-технологическое сопровождение в режиме 24/7 [8].

Список использованной литературы

1. Булекбаев З.Е., Воцалевский Э.С., Искужиев Б.А., Камалов С.М., Коростышевский М.Н., Куандыков Б.М., Куантаев Н.Е., Марченко О.Н., Матлошинский Н.Г., Нажметдинов А.Ш., Филипьев Г.П., Шабатин И.В., Шахабаев Р.С., Шудабаев К.С. Месторождения нефти и газа Казахстана. Справочник. – Алматы, Минеральные ресурсы Казахстана, 1999, 325 с.
2. Таипова В.А., Шайдуллин А.А., Шамсутдинов М.Ф. Горизонтальные скважины и ГРП в повышении эффективности разработки нефтяных месторождений на примере НГДУ «Азнакаевскнефть». – Георесурсы, 2017, т. 19, № 3, ч. 1, с. 198–203.
3. Билинчук А.В., к.т.н., Листик А.Р., Киндюк В.А., к.т.н., Арзуманян П.С. Аспекты проводки горизонтальных скважин в условиях применения стандартного или расширенного комплекса геофизических исследований скважин во время бурения. – ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти, 2018, № 1(7), с. 20–27.
4. Материалы сайта <http://www.slb.com/>.
5. Денис Дж., Свешников А.В., Котовская Л.И., Кужанов С.А., Сабырбаев М.А. Стандарт компании о приемке геолого-гидродинамических моделей. – Астана, ТОО «Научно-исследовательский институт технологий добычи и бурения «КазМунайГаз», 2016 г.
6. Сарбаев К.А., Жиенбаев Б.К., Токсанов Н.Н. Концепция онлайн бурения. – Информационный бюллетень КМГИ. Бурение и обустройство месторождений, №3, 2020, 19 с. <https://kmggen.kz/study/bulletin/burenie-i-obustroystvo-mestorozhdeniy/kontseptsiya-onlayn-bureniya/>.
7. 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.

8. Головченко М.А., Мирошниченко А.В., Филимонов К.В. Методика определения индекса сложности геонавигации скважин и их классификация. – Нефтяное хозяйство, 2019, 11, с. 33–37.

«ЕМБІМҰНАЙГАЗ» АҚ КЕН ОРЫНДАРЫНДА КӨЛДЕНЕҢ БҰРҒЫЛАУ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ

**А.Е. Мусаханов, А.Ж. Нәукенов, А.К. Қасенов, Н.С. Данабаев,
Б.К. Жиенбаев, К.Б. Әшімов, А.А. Жансеркеева**

Мұнай өндіру коэффициентін артыру, игерілмеген қорларды тиімді игеру, сондай-ақ, ағымдағы өндіру көлемін қолдау бағыттарының бірі – көлденең ұңғымаларды (бұдан әрі – КҰ) бұрғылау болып табылады. «Ембімұнайгаз» АҚ-ның (бұдан әрі – ЕМГ) барлық кен орындары қарастырылып талданды, олар бойынша тұрақты істейтін геологиялық-гидродинамикалық модельдер бар, оларда жобалық көлденең ұңғымалардың орналасқан жерлері таңдап алынды және есептелді.

Бұл жұмыста көлденең бұрғылаудың тиімділігін арттыру үшін қажетті жағдайлар анықталды, көлденең секцияның ұзындығын оңтайландыру, төсеу орналастыру учаскелерін талдау, салалық гидродинамикалық модельдерді сараптауы, нақты дебиттерді факторлық талдау және терең сорғы жабдықтарының ағымдағы жұмысына талдау жүргізілді, физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруі, көлденең ұңғымалар аймақтарының энергетикалық жағдайы сарапталды.

Түйін сөздер: көлденең бұрғылау, геонавигация, талдау, өнімді горизонт..

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF HORIZONTAL DRILLING IN THE FIELDS OF JSC «EMBANUMAYGAS»

**A.Zh. Naukenov, A.E. Musakhanov, A.U.Dzhakiyeva, K.B. Ashimov,
K.A. Sarbayev, P.S. Romanenko, A.A. Zhanserkeyeva**

One of the directions for increasing the recovery factor, effective development of uncovered reserves, as well as maintaining current production, is drilling horizontal wells (hereinafter referred to as HW). The paper considers and provides the analysis for all EMG fields that have current geologic and hydrodynamic models used to select and calculate the design horizontal well locations.

In the paper the authors defined the necessary conditions for increasing the efficiency of horizontal drilling, optimized the length of the horizontal section, analyzed well areas, examined the sector hydrodynamic models, carried out the factor analysis of actual flow rates and the analysis of the current operation of downhole pumping equipment, analyzed changes in the physical and chemical properties and the energy state of the horizontal well zones.

Key words: horizontal drilling, geosteering, the analysis, productive horizon.

Информация об авторах

Наукенов Азамат Жақенович – руководитель Центра по работам АО «НК «КазМунайГаз», г. Атырау, a.naukenov@niikmg.kz.

Мусаханов Адлет Ерқенович – руководитель Службы аналитических исследований АО «Эмбамунайгаз», a.mussakhanov@niikmg.kz.

Джакиева Асем Урынбаевна – инженер службы аналитических исследований АО «Эмбамунайгаз», a.jakiyeva@niikmg.kz.

Ашимов Канат Берикханович – эксперт Службы онлайн бурения, k.ashimov@niikmg.kz.

Сарбаев Куаныш Абаевич – старший инженер Службы онлайн бурения, k.sarbayev@niikmg.kz.

Романенко Павел Сергеевич – старший инженер Службы онлайн бурения, p.romanenko@niikmg.kz.

Жансеркеева Айнұра Алтаевна – эксперт Службы сопровождения проектов, a.zhanserkeyeva@niikmg.kz.

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