

УДК 622.245.01

ОБОСНОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН (на примере Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения)

Тузов Е. В.¹, Вахромеев А. Г.²

¹ООО «Таас-Юрях Нефтегазодобыча», г. Иркутск

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

E-mail: tuzovev2@tyngd.rosneft.ru, andrey_igp@mail.ru

Поглощение бурового раствора при строительстве скважин – один из самых частых видов осложнений на Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении. Такого рода осложнения происходят в двух основных интервалах геологического разреза: трапповой интрузии и Ботуобинского продуктивного горизонта. Присутствие в разрезе СБНГКМ интервалов солей, эндогенной трещиноватости, распространенной в теле трапповой интрузии – сила и в приконтактных зонах, и газоносных коллекторов с аномально высоким пластовым давлением характеризуется в отечественной науке как несовместимость условий бурения. Только аварийное время, затраченное на борьбу с данными осложнениями в интервале трапповой интрузии, может достигать до 42 сут на скважину. Однако потеря рабочего времени – не единственная проблема, затраты на буровые и цементные растворы и сопутствующие аварии в виде прихватов компоновки низа бурильной колонны ведут к увеличению затрат на строительство скважины, а также к потерянному выгоде, связанной с поздним вводом скважины в эксплуатацию. Одним из способов сокращения цикла строительства скважины является пересмотр существующей конструкции и адаптация совершенного нового подхода в бурении и строительстве скважин, который бы позволил использовать альтернативную конструкцию скважин для решения задач борьбы с осложнениями такого рода.

Ключевые слова: конструкция скважин, цементирование, трапповая интрузия, долериты, бурение.

DOI: 10.34078/1814-0998-2022-1-61-65

Трапповая интрузия пермо-триасового возраста в геологическом разрезе Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения (СБНГКМ) представлена долеритами, входящими в состав различных формаций. В пределах исследуемого месторождения траппы приурочены к пяти стратиграфическим подразделениям (юринской, эльганской, толбачанской, олекминской и чарской свитам) (Акулов, Валеев, 2016).

Термин «траппы» не имеет точного петрографического значения и объединяет изверженные интрузивные и эффузивные породы базит-гипербазитового состава. Как правило, породы траппов богаты вторичными минералами, образованными при изменении первичных минералов. Залегание преимущественно горизонтальное, с переходом на разные уровни; характерно наличие даек. Как правило, в трещинных коллекторах интрузий фиксируют относительно меньшие значения пластового давления флюидов, чем в осадочных породах, в которые они были вне-

дрены. Процесс бурения по траппам почти повсеместно сопровождается осложнениями.

Трапповый магматизм – особый тип континентального магматизма, для которого характерен огромный объем излияния базальта за геологически короткое время (первые миллионы лет) на больших территориях.

Извержения в магматической провинции в Сибири произошло около 252 млн л. н. на огромных территориях площадью свыше 2 млн км². По разным оценкам, объем излитой магмы составил от 1 до 4 млн км³ и считается причиной массового вымирания, во время которого погибло 96 % морских животных и около 70 % наземных.

К интервалам трапповых интрузий приурочено наибольшее количество поглощений при строительстве скважин на нефть и газ на Сибирской платформе. Так, О. О. Абросимова и С. И. Кулагин в своей статье об опыте бурения 18 разведочных скважин на Сухотунгусской площади отмечали, что при проходке скважин по траппам отмечалось поглощение бурового раствора, изменяющегося от 1–5 м³/сут до полной потери

циркуляции, а при одном из специальных исследований на поглощение промывочной жидкости в процессе бурения наблюдалась интенсивность поглощения до 1081.8 м³/сут (Абросимова, Кулагин, 2010).

Поглощение бурового раствора при строительстве скважин – одно из самых частых осложнений на СБНГКМ. В его западной части трапповая интрузия имеет характеристику абсолютных отметок 860–700 м и приурочена к отложениям юрегинской свиты. В восточном направлении интрузия последовательно, ступенчато перемещается в эльгянскую, толбачанскую и олекминскую свиты, поднимаясь на восточном крыле структуры до абсолютных отметок 300–200 м, где она встречена скважинами в отложениях чарской свиты. С уменьшением глубины залегания траппового тела уменьшается и его мощность со 120–110 м на западе до 90–45 м на

востоке и севере месторождения. На рис. 1 и 2 показаны временной разрез участка траппов, а также керны отобранных на СБНГКМ траппов с изображением трещин.

Текущими проектными решениями предусмотрены две конструкции для скважин СБНГКМ.

Первая – 4-колонная конструкция:

направление Ø 424 мм с забоем 50 м перекрывает интервалы почвы;
кондуктор Ø 324 мм с забоем 550–600 м изолирует интервал вечной мерзлоты;
техническая колонна Ø 245 мм с забоем 900–1100 м изолирует интервал солей;
эксплуатационная колонна Ø 178 мм с забоем 2000–2600 м перекрывает интервал траппов и зоны аномально высокого пластового давления (АВПД) осинского горизонта.

Вторая – 3-колонная конструкция (рис. 3):

направление Ø 324 мм с забоем 50 м перекрывает интервалы почвы;
кондуктор Ø 245 мм с забоем 550–600 м изолирует интервал вечной мерзлоты;

эксплуатационная колонна Ø 178 мм с забоем 2000–2600 м перекрывает интервал траппов и зоны АВПД осинского горизонта.

Именно 3-колонная конструкция нашла широкое применение на СБНГКМ в силу своей экономической составляющей. Следует отметить, что большое влияние на выбор количества обсадных колонн, а также выбор места посадки башмака повлияло присутствие многолетне-мерзлых пород (ММП) и верхних газоносных зон в интервале олекминской свиты. Анализ бурения более 200 скважин показал отсутствие каких-либо осложнений в зоне ММП, а также была пересмотрена фактическая глубина залегания ММП, которая была принята в расчетах конструкции скважины. Опыт бурения в олекминской свите, геофизические исследования, а также проведение испытаний на приток показали неоднородность в газоносных свойствах по всему месторождению. На некоторых кустовых площадках (КП) в олекминской свите отсутствовали какие-либо коллекторские свойства и газовое насыщение, что позволило пересмотреть текущую конструкцию и ранее сделанные предположения.

При определении концепции борьбы с поглощениями в интервале траппов командой Управления

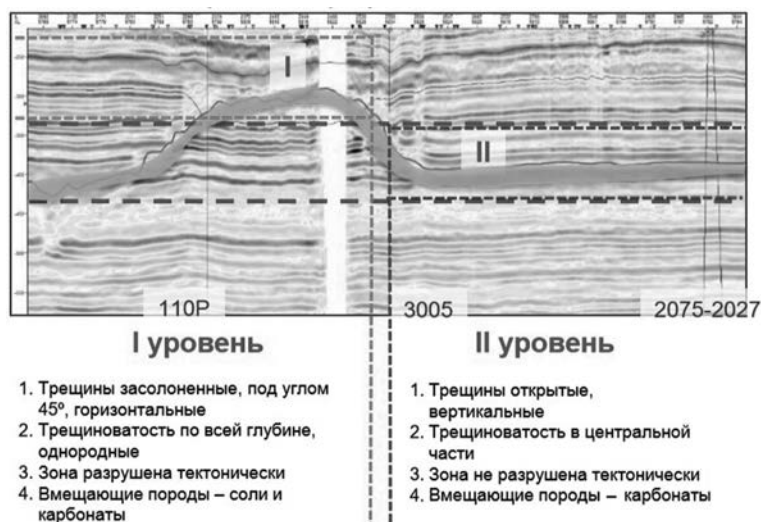


Рис. 1. Временной сейсмический разрез секции траппов СБНГКМ

Fig. 1. Temporary seismic section of the SBOGCF trapp section

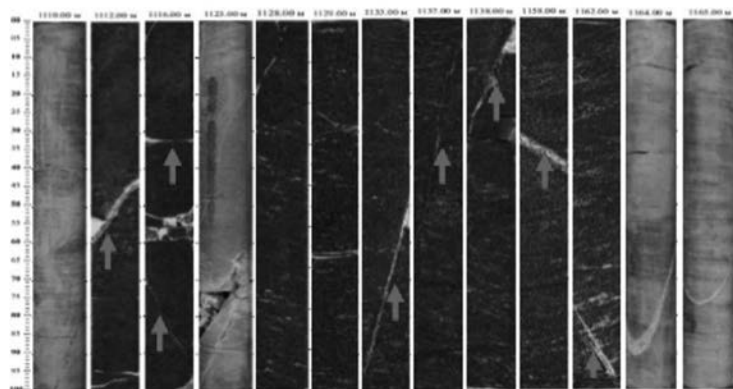


Рис. 2. Наличие трещин в керне траппов

Fig. 2. The presence of fractures in the trap core

технологии и инжиниринга бурения (УТиИБ) был разработан комплекс мероприятий по превентивной кольматации поглощающих интервалов в процессе бурения. Суть метода заключается в непрерывном намыве кольматанта в потенциальные зоны поглощения путем обработки гранулярными и волокнистыми добавками всего объема бурового раствора, находящегося в циркуляции. Для реализации данного метода производится бурение с циркуляцией в обход оборудования очистки для сохранения и поддержания концентрации наполнителей в буровом растворе. По окончании бурения интервала трапповой интрузии выполняется очистка бурового раствора от кольматанта с применением стандартного оборудования очистки (вибросита и циклонная группа). Также были испытаны различные облегченные цементные составы и сшивающийся гель. Тем не менее попытки подобрать изоляционный материал, который мог бы дать 100%-ную гарантию изоляции поглощающего интервала, успеха не имели.

При рассмотрении фактических данных эксплуатационного бурения была выявлена связь наличия поглощений с положением траппов в разрезе. С увеличением глубины залегания траппов наблюдается изменение интенсивности поглощений от их отсутствия в интервалах чарской и верхнетолбачанской свит до катастрофических в интервалах нижнетолбачанской и юрегинской. Также наблюдаются различия уровня поглощений между КП и зависимость объема поглощений от расположения КП на месторождении. Высокая интенсивность поглощений отмечается в северной группе КП.

Зависимость возникновения поглощений от зенитного или азимутного угла отсутствует, но большой зенитный угол вскрытия интервала траппов приводит к увеличению длины ствола, проходящего через траппы, что влечет за собой большое количество поглощений и большое количество цементных мостов для их ликвидации. Отметим, что цементный мост очень часто дает только временную изоляцию и после успешной изоляции возникают рецидивы поглощений. Это объясняется тем, что во время дальнейшего углубления скважины цементный камень в интервале траппов подвергается большим вибрационным

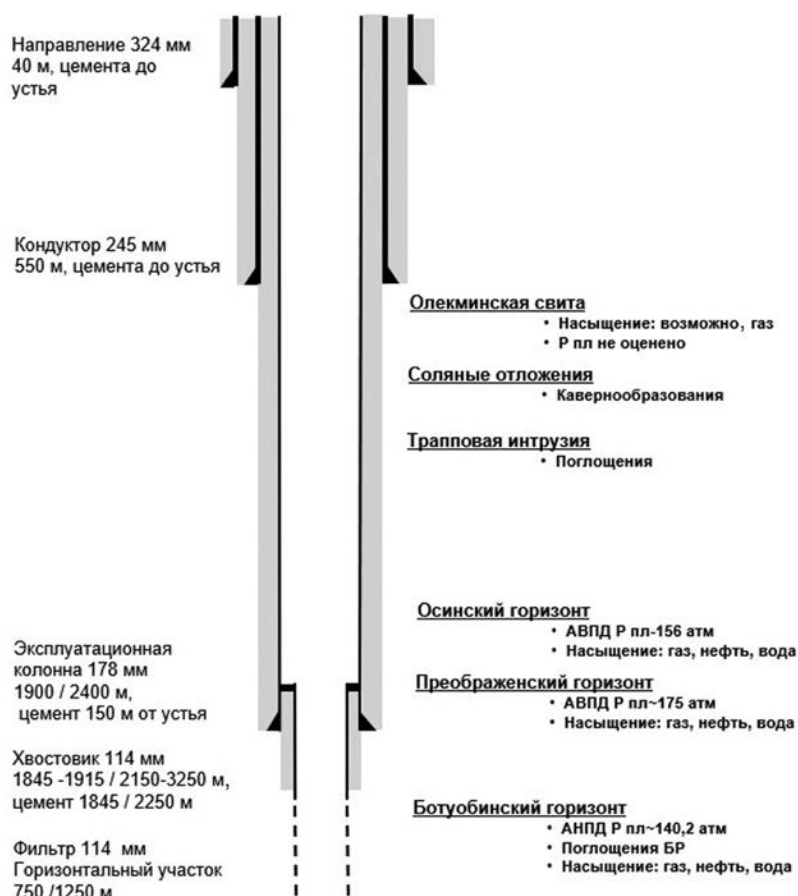


Рис. 3. Текущая 3-колонная конструкция скважины на СБНГКМ

Fig. 3. Current 3-column design at the SBOGCF

нагрузкам от вращающейся бурильной трубы, вследствие чего происходят вывалы цементного камня из трещин.

В 2019 г. все попытки контролировать проблематику осложнений в траппах привели к тому, что возникла необходимость пересмотреть подход и искать иные пути решения вопроса (Тузov, 2021). В первую очередь было проведено описание характеристик поведения траппов на разрабатываемых КП. В зависимости от характера возникновения поглощений скважины были определены три основные категории скважин. К первой категории были отнесены скважины, на которых наблюдались осложнения в виде поглощений сразу же после вскрытия кровли траппов. В данную категорию включено 10–20 % фонда скважин. Ко второй – скважины, которые бурились без осложнений при выполнении мероприятий по предупреждению осложнений (бурение с содержанием большого состава кольматационного материала в обход системы очистки), но в которых возникали поглощения после очистки ствола от кольматанта. В данную категорию вошло 70–80 % фонда скважин. Третью категорию составили скважины, которые бурились без осложнений. Это 10–20 % фонда скважин.

Во вторую очередь была проведена оценка текущей конструкции скважин на предмет возможного пересмотра глубины посадки башмака кондуктора Ø 245 мм с возможностью перекрытия интервала траппов в целях механической изоляции. Было выявлено, что для лучшей изоляции несовместимых условий бурения необходимо утяжелить конструкцию скважины, включив в нее техническую колонну, что привело к увеличению цикла строительства скважин на 7 сут. Был также предложен ряд других конструкций, которые отличались по глубине спуска обсадных колонн и зависели от газоносности олекминской свиты.

После определения газоносности олекминской свиты методом испытания пласта на трубах на одной из скважин КП, расположенной в северной части месторождения, было принято решение провести опытно-промышленное испытание 3-колонной альтернативной конструкции на данной КП в объеме двух скважин для оценки практической применимости и экономической целесообразности.

На рис. 4 показаны альтернативная и стандартная конструкции скважин. Альтернативная конструкция разобщает две из трех несовместимых для бурения зон. Осинский горизонт содержит углеводороды и требует наличия противовыбросового оборудования в качестве дополнительного барьера перед вскрытием. Необходимо отметить, что данная конструкция является оптимальной с точки зрения безопасности и экономич-

ческих затрат. Для обеспечения заполнения затрубного пространства удлиненного кондуктора Ø 245 мм цементным раствором и создания герметичной крепи было запланировано цементирование в две ступени с использованием муфты ступенчатого цементирование.

Основные преимущества такого решения:

- изоляция несовместимых условий бурения;

- уменьшение непродуктивного времени при борьбе с поглощениями в интервале траппов (до 7 сут на отдельной КП);

- сокращение стоимости строительства скважины благодаря меньшему расходу цемента и бурового раствора;

- создание дополнительного барьера перед вскрытием зоны АВПД;

- уменьшение длины цементирования секции 178 мм эксплуатационной обсадной колонны и исключение межколонного давления.

Основной минус – увеличение стоимости скважины вследствие увеличения длины кондуктора Ø 245 мм и использование муфты ступенчатого цементирование.

На момент планирования технологи УТиИБ, поскольку не было достаточно знаний и опыта строительства скважин по данной конструкции в данном разрезе, предполагали несколько обстоятельств, которые могли повлиять на процесс бурения, а именно:

- возможное присутствие углеводородов в олекминской свите;

- бурение на поглощение (без выхода бурового раствора);

- уменьшение механической скорости проходки в траппах с увеличением диаметра породоразрушающего инструмента с 219 до 293 мм;

- риски при спуске обсадной колонны Ø 245 мм при полных поглощениях;

- качество цементирование в изначальных условиях полного поглощения.

Все предположения прошли тщательное изучение на предмет тяжести риска и последствий. Была разработана матрица рисков и пути снижения вероятности, а также последствий данного риска. Были проведены технические совещания с непосредственными исполнителями производственных работ со сторонами заказчика и подрядных организаций.

Данные, полученные при проведении опытно-промышленных испытаний по бурению двух скважин, позволили оценить потенциал альтернативной конструкции для скважин первой категории и принять решение о про-



Рис. 4. Сравнение двух конструкций скважин

Fig. 4. Comparison of the two well designs

должности использования альтернативной конструкции на СБНГКМ в целях оптимизации цикла строительства скважин и сокращения количества осложнений.

Таким образом, строительство скважин по альтернативной конструкции дает ощутимый потенциал для решения проблематики геологических осложнений нетехногенного характера. Появилась возможность расширить общепринятые границы и понятия при строительстве скважин, пересмотреть комплексный научно-практический подход к разрешению проблематики осложнений в виде катастрофических поглощений промывочных жидкостей и тампонажных растворов, газопроявлений, заколонных проявлений, кавернообразований в надтрапповых и подтрапповых отложениях.

Направлениями для дальнейших исследований определены:

подбор оптимального решения по цементированию удлиненной секции кондуктора Ø 245 мм без использования муфты ступенчатого цементирования с применением облегченного цементного раствора и кольматационного материала;

Поступила в редакцию 25.06.2021 г.

Поступила после доработки 24.08.2021 г.

подбор породоразрушающего инструмента с Ø 293 и 219 мм, позволяющего бурить с большей механической скоростью проходки секции под кондуктор и эксплуатационную обсадную колонну, а также элементов компоновки низа бурильной колонны с альтернативным пульсатором-передатчиком данных телесистемы LWD (каротаж во время бурения), позволяющих не ограничивать прокачку высококонцентрированных кольматирующих пачек.

ЛИТЕРАТУРА

Абросимова О. О., Кулагин С. И. Особенности строения отложений кембрийского комплекса в пределах Мирнинского выступа (Непско-Ботуобинская антеклизы) // *Известия Томского политехн. ун-та. Сер. Науки о Земле.* 2010. Т. 316, № 1. С. 48–52.

Акулов Н. И., Валеев Р. Р. Особенности геологического строения Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения // *Известия Иркутского гос. ун-та. Сер. Науки о Земле.* 2016. Т. 18. С. 3–13.

Тузов Е. В. Проблематика бурения скважин в интервале трапповой интрузии на Среднеботуобинском месторождении // *Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море.* 2021. № 2. С. 18–24.

ALTERNATIVE CASING DESIGN SOLUTION (Exemplified by the Srednebotuobinskoye Oil and Gas Condensate Field)

Ye. V. Tuzov¹, A. G. Vahromeev²

¹Taas-Yuryakh Neftegazodobycha, Ltd., Irkutsk

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk

The circulation loss in well construction is one of the most frequent troubles at the Srednebotuobinsky oil and gas condensate field (SBOGCF). Such problems occur in the two basic intervals of the geological section, trapp intrusion and the Botuobinsky productive horizon. The intervals of salts, endogenic fracturing spread in the intrusive sheet, and gas-bearing collectors with abnormally high formation pressure, available in the SBOGCF, are currently considered incompatible drilling conditions. The emergency time, spent for fighting these issues within the trap intrusion interval, may reach 42 days per well. However, the loss of working time is not the only trouble; costs of drill fluids and cement grouts as well as of concomitant emergencies (striking of the drill column bottom arrangements) result in the increasing costs of well construction as well as to the lost advantage due to the late launching of the well. One of the ways to decrease the well construction cycle is reconsidering the existing design and adapting a brand new approach to drilling and well construction, which would permit to use the alternative well design for solving the abovementioned problems.

Keywords: well design, cementing, trapp intrusion, dolerites, drilling.

REFERENCES

Abrosimova, O. O., Kulagin, S. I., 2010. Features of Cambrian Sediments within the Mirninskiy outshot (Nep-sky-Botuobinsky antecline), *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Earth Sciences.* 316 (1), 48–52 [In Russian].

Akulov, N. I., Valeyev, R. R., 2016. Features of the Srednebotuobinskoye Oil and Gas Condensate Field, *Bul-*

letin of Irkutsk State University. Earth Sciences. 18, 3–13 [In Russian].

Tuzov, Y. V., 2021. Problems of Well Drilling in the Trapp Intrusion Interval at the Srednebotuobinskoye Deposit, *Construction of Oil and Gas Wells on Land and off Shore.* 2 (338), 18–24 [In Russian].