

Л. Н. Константинова¹✉, Э. С. Волгина¹

Обобщение результатов геологических осложнений в кембрии при бурении скважин в Ангаро-Ленской нефтегазоносной области

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: konstantinova1n@ipgg.sbras.ru

Аннотация. С целью прогноза зон возможных геологических осложнений при бурении скважин в соленосном комплексе кембрия построены карты по свитам с распределением в них интервалов поглощений и всех возможных проявлений рапы, газа, нефти, воды на основе обобщения и анализа данных бурения скважин в Ангаро-Ленской нефтегазоносной области. Были выявлены следующие закономерности: наибольшее число рапопроявлений приурочено к усольской свите, газопроявлений – к ангрской свите. Максимальными объемами и количеством интервалов поглощений характеризуются литвинцевская и ангарская свиты. Картирование зон газопроявлений является прямым признаком дальнейших поисков углеводородного сырья, рапопроявлений для поисков лития, а зоны поглощений и наличие солей формируют надежные резервуары для скоплений УВ, что в дальнейшем может использоваться при ведении разведочных работ.

Ключевые слова: Восточная Сибирь, Ангаро-Ленская нефтегазоносная область, кембрий, бурение скважин, геологические осложнения

L. N. Konstantinova¹✉, E. S. Volgina¹

Generalization of the results of geological complications in the Cambrian during well drilling Angara-Lena oil and gas region

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: konstantinova1n@ipgg.sbras.ru

Abstract. In order to predict areas of possible geological complications during drilling in the Cambrian salt-bearing complex, maps of formations were constructed with the distribution of absorption intervals and all possible manifestations of brine, gas, oil, and water based on generalization and analysis of drilling data in the Angara-Lena oil and gas region. The following patterns have been identified: the largest number of brine showings is confined to the Usolka formation, gas occurrences are confined to the Angara formation. The Litvintsevskaya and Angarsk formations are characterized by the maximum volumes and number of absorption intervals. Mapping of gas occurrence zones is a direct sign of further searches for hydrocarbon raw materials, brine showings for lithium, and absorption zones and the presence of salts form reliable reservoirs for hydrocarbon accumulations, which can later be used in exploration work.

Keywords: Eastern Siberia, Angara-Lena oil and gas region, Cambrian, well drilling, geological complications

Введение

Осадочный чехол Сибирской платформы и в частности Ангаро-Ленской НГО сложен отложениями подсолевого терригенно-карбонатного комплекса венда, соленосно-карбонатного комплекса нижнего кембрия и терригенно-карбонатного комплекса перекрывающих отложений палеозоя и мезозоя. В отличие от субгоризонтального залегания пород подсолевого комплекса, отложения, составляющие солевой и надсолевой комплексы, характеризуются сложным тектоническим строением. Структурные поверхности нижнебельской подсвиты, ангарской и литвинцевской свит осложнены рядом положительных и отрицательных структурных форм, различающихся по своим размерам, морфологии и амплитуде [1].

При проведении геологоразведочных работ на изучаемой территории в процессе бурения скважин геологи практически в каждой скважине сталкивались с осложнениями при проходке интервалов в свитах кембрия, связанных с трещиноватостью и карстрообразованием, где происходило поглощение бурового раствора, а также нередко возникали ситуации с саморпоизвольными выбросами газа, разгазирование бурового раствора, свободное фонтанирование водой или высокоминерализованными рассолами. Такие ситуации нередко сопровождались и аварийным прихватом бурового инструмента.

В настоящее время вся территория Ангаро-Ленской НГО входит в первоочередной объект для наращивания запасов УВ, здесь уже введены в эксплуатацию нефтепроводы «ВСТО», «Омск-Иркутск» и газопровод «Сила Сибири». Основные запасы УВ связаны с подсолевым нефтегазоносным комплексом, т.е. с терригенными коллекторами венда, но нельзя не учитывать перспективы и карбонатных продуктивных горизонтов в соленосно-карбонатном комплексе кембрия, где уже открыты промышленные залежи нефти и газа на Атовском месторождении, газа на Ковыктинском, Знаменском, Тутурском месторождениях и других площадях бурения. Поэтому дальнейшие геологоразведочные работы будут нацелены на возвратные объекты в межсолевых продуктивных горизонтах кембрия, разработка которых связана с определенными рисками геологических осложнений при бурении скважин.

На примере разработки Ковыктинского месторождения [2, 3, 4], уже предлагаются проекты конструкций скважин и технологических схем бурения с учетом возможных интервалов осложнений и применения современных методов их ликвидации с целью минимизации возможных рисков и дополнительных материальных затрат. Материалы современных сейсморазведочных работ МОГТ 3D в комплексе с электроразведочными работами 3D ЗСБ позволили получить детальную картину развития пород-коллекторов, изучить развитие дизъюнктивной тектоники и спрогнозировать зоны рапогазопроявлений [3]. Сейчас при бурении скважин в рапосодержащих горизонтах предлагается использовать буровой раствор на основе рапы с небольшим добавлением реагентов, который не наносит серьезного ущерба окружающей среде и не уступает, а порой и превосходит традиционно применяемый полимерный соленасыщенный буровой раствор

[5]. Для ликвидации интервалов мощных поглощений сейчас применяют технологии перекрытия оборудованием локального крепления стенок скважины, которое обеспечивает возможность перекрытия осложненного горизонта за один цикл без изменения конструкции скважины с использованием применяемого бурового раствора без его замены [6]. Однако проведенные исследования проводились на единичных отдельных месторождениях или участках недр и до настоящего времени не было проведено обобщения результатов геологических осложнений в кембрии при бурении скважин на всей территории Ангаро-Ленской НГО. Поэтому обобщение и анализ данных бурения различных геологических осложнений в соленосных отложениях кембрия по всем скважинам Ангаро-Ленской НГО выполнено впервые и является одним из важнейших факторов повышения качества бурения. В настоящей работе с целью прогноза зон возможных геологических осложнений при бурении скважин в соленосном комплексе кембрия были построены карты по свитам с распределением в них интервалов поглощений и всех возможных проявлений рапы, газа, нефти, воды на основе обобщения и анализа данных бурения скважин в Ангаро-Ленской НГО.

Методы и материалы

Для построения карт распределения геологических осложнений при бурении скважин было выполнено комплексное обобщение геолого- геофизической информации по материалам бурения (дела скважин, описание керна скважин, аналитические данные по петрофизическим свойствам, геохимическим определениям проб воды и газа и т.д.), по данным ГИС (каротаж для уточнения привязки интервалов осложнений при бурении к свитам и горизонтам), каталог стратиграфических разбивок, а также анализ опубликованной и фондовой литературы. Вся полученная информация по более 400 скважинам была оформлена в табличном варианте и разделена по свитам галогенно-карбонатного кембрия. Фондовая литература включала 20 отчетов производственных организаций по результатам бурения скважин, начиная с 1957 г. Также была проведена дифференциация интервалов поглощений по объемам: <10 м³/час, $10-50$ м³/час, >50 м³/час до полного. Информация по нефтегазоводопроявлениям также была разделена на отдельные категории: нефтепроявления, газопроявления, водопроявления, рапопроявления, и совместные газоводопроявления, нефтегазопроявления, нефтегазоводопроявления, фильтрат бурового раствора с водой, фильтрат бурового раствора с газом. Условия бурения глубоких скважин на территории юга Сибирской платформы и в частности в Ангаро-Ленской ступени оцениваются как «сложные», часто характеризуются сочетанием вышеуказанных осложнений в интервале одного литолого-стратиграфического уровня.

Результаты

При анализе материалов по осложнениям при бурении скважин, пробуренные на территории Ангаро-Ленской НГО были использованы скважины, за более чем 60-ти летнюю историю изучения Ангаро-Ленской НГО. Технологии бурения и вскрытия межсолевых отложений в разные годы существенно отличались. По этой причине выполненный нами анализ носит в значительной степени общий характер.

В основном, во всех скважинах Ангаро-Ленской НГО отмечены те или иные геологические осложнения. Наиболее распространенным осложнением является поглощение бурового раствора вплоть до катастрофического. При бурении в надсолевом терригенно-карбонатном комплексе поглощения были зафиксированы практически во всех скважинах. С увеличением глубины бурения в соленосно-карбонатном комплексе вероятность вскрытия зон поглощения уменьшается (рис. 1). Максимальное количество скважин в которых были поглощения по свитам распределены соответственно - в ангарской (86 скважин), литвинцевской (81 скважина), булайской (66 скважин) и бельской (63 скважины). Наиболее мощные, более 50 м³/час и до полного поглощения бурового раствора, происходили в верхней части межсолевого комплекса в литвинцевской и ангарской свитах, незначительные объемы поглощений, менее 10 м³/час, чаще всего наблюдались в скважинах при проходке ангарской и бельской свит (рис. 2).

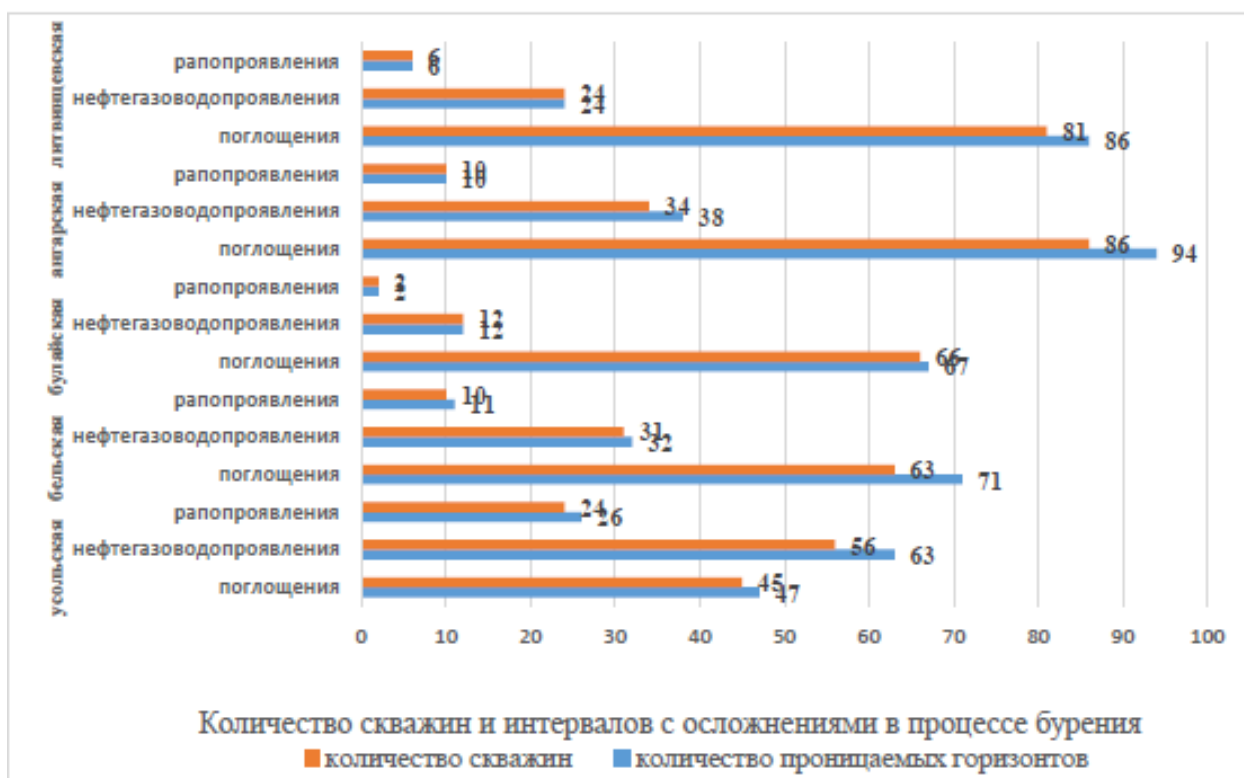


Рис. 1. Статистика геологических осложнений, зарегистрированных при бурении поисково-разведочных скважин в пределах Ангаро-Ленской НГО

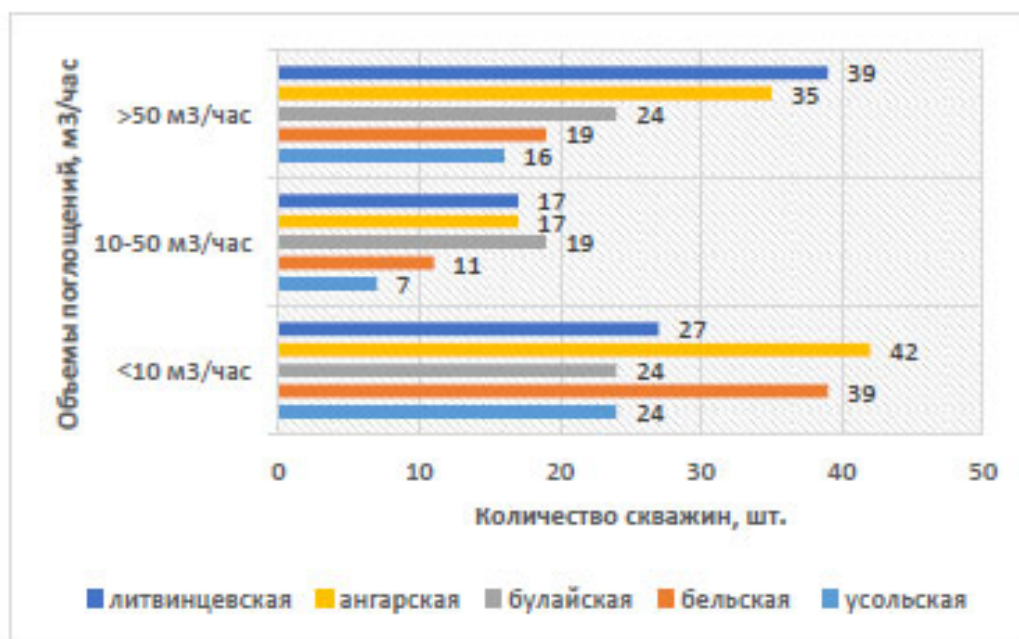


Рис. 2 Распределение объемов поглощений в скважинах по свитам кембрия Ангара-Ленской НГО

Наибольшее число скважин с нефтегазоводопрооявлениями отмечены – в усольской (в 56 скважин), ангарской (в 34 скважинах) и бельской (в 31 скважине), т.е. в соленасыщенных свитах, а вот в булайской и литвинцевской преимущественно карбонатных свитах количество скважин существенно меньше и соответственно составляет 12 и 24 скважин. Максимальное количество рапопрооявлений также отмечается в соленасыщенных свитах усольской, бельской, и ангарской, а в булайской и литвинцевской их существенно меньше. Наиболее часто газопрооявления (в 17 скважинах) отмечались в ангарской свите, а рапопрооявления в усольской свите (в 19 скважинах), нефтепрооявления в 10 скважинах в бельской свите (рис. 3).

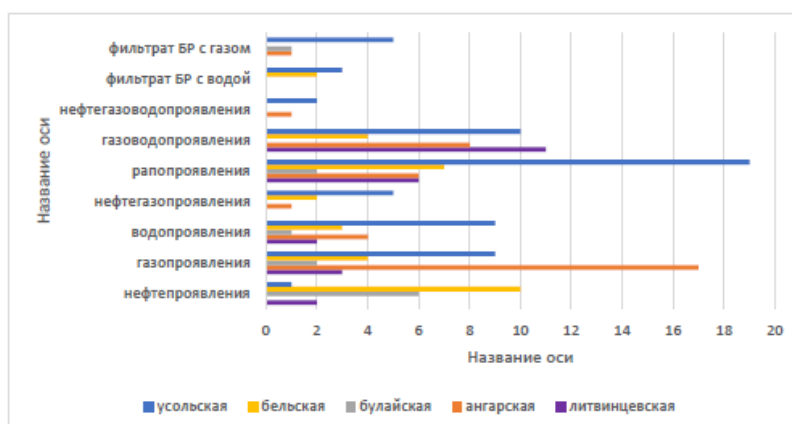


Рис. 3 Распределение различных проявлений при бурении скважин по свитам кембрия Ангара-Ленской НГО

Обсуждение

Наиболее уязвимым из стратиграфических интервалов, с точки зрения геологических рисков, являются ангарская, усольская, бельская свиты, в которых отмечаются все вышеописанные осложнения (рис. 1). Если сравнивать количество интервалов с осложнениями в процессе бурения, то наибольшее их количество от числа скважин связано с поглощениями в ангарской и бельской свитах, с нефтегазоводопроявлениями в усольской свите. Количество интервалов рапопроявлений в свитах в основном одиночные и соответственно совпадают с количеством скважин (рис. 1). Нередко встречаются одновременно разные геологические осложнения в одной свите, которые как правило соответствуют разным интервалам. Так, например, нефтегазоводопроявления и поглощения наиболее часто встречаются в соленосных ангарской (в 12 скважинах), усольской и бельской свитах. Максимальное количество скважин с нефтегазопроявлением и рапопроявлением зафиксировано в усольской свите – в 26 скважинах. Наличие в разрезе свиты одновременно поглощающих и рассоловмещающих пластов обуславливает трудности при ликвидации осложнений по типу «рапопроявление-поглощение», поскольку увеличение плотности раствора для глушения рапопроявления вызывает поглощение в вышележащих пластах и, вероятно, межпластовые перетоки в разных направлениях [7]. Иногда зоны поглощений с минимальными как правило объемами образуются ниже интервала рапопроявления в процессе смены бурового раствора при проходке скважиной через рассолоносный интервал.

Заключение

В результате проведенных исследований были выявлены некоторые закономерности: наибольшее число рапопроявлений приурочено к усольской свите, наибольшее число газопроявлений к ангарской свите. Максимальными объемами и количеством интервалов поглощений характеризуются литвинцевская и ангарская свиты. Таким образом, можно предположить, что преимущественно соленосного состава усольская свита являлась достаточно надежным экраном для перетока УВ в вышележащие пласты. Геостатическое давление на флюидную систему со стороны Байкало-Патомской складчатой области обусловило АВПД и многочисленные нефтегазопрапопроявления в усольской свите. В ангарской свите при соленасыщенности более 50% отмечались многочисленные газопроявления при преимущественно вертикальной миграции из нижележащих отложений. Поэтому количество поглощений и нефтегазопроявлений напрямую зависит от литологического состава свиты. Если свита имеет карбонатный состав (булайская, литвинцевская), то вероятны поглощения, если соленосно-карбонатный, то возможны все геологические осложнения, если преимущественно соленосный, то нефтегазопрапопроявления. Также выявлена определенная закономерность размещения зон с геологическими осложнениями по территории Ангаро-Ленской НГО. Наибольшее их проявление сосредоточено в линейных зонах северо-восточного простирания на юге вдоль Верхоленинского, Жигаловского, Чиканского, Хандинского валов, также в зоне Верхнеангарских дислокаций [8]; на севере в линейных зонах субмеридионального простирания вдоль Литвинцев-

ского, Тубинского, Верхне-Турымского, Якуримского, Казаркинского, Омолойского валов. Также зоны с многочисленными геологическими осложнениями приурочены к кембрийским локальным структурам в пределах Братского, Ковыктинского выступов фундамента, к субмеридиональным складкам Верхнеангарского структурного мыса. Картирование зон нефтегазопроявлений является прямым признаком дальнейших поисков углеводородного сырья, рапопроявлений – поисков лития, а зоны поглощений и наличие солей формируют надежные резервуары для скоплений УВ, что в дальнейшем может использоваться при ведении геологоразведочных работ. В настоящее время Газпром уже успешно совмещает добычу газа и литиевого сырья на Ковыктинском участке недр.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных научных исследований № FWZZ-2022-0008.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Вып. 5 Иркутский регион. / А.Э. Конторович, В.С. Сурков, А.А. Трофимук и др. – Новосибирск, 1995. – 59 с.
2. Вахромеев А.Г., Сверкунов С.А., Смирнов А.С., Горлов И.В. Бурение скважин на нефть и газ в условиях аномально проницаемых трещинных коллекторов с аномально высоким пластовым давлением флюидной системы // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море – №5, –2019. – С. 11-18
3. Смирнов А.С., Горлов И.В., Яицкий Н.Н. и др. Интеграция геолого-геофизических данных – путь к созданию достоверной модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геология нефти и газа. – М., 2016. – № 2. – С. 56–66.
4. Вахромеев А.Г. Закономерности формирования и локализации месторождений промышленных рассолов в карбонатных каверново-трещинных резервуарах кембрия юга Сибирской платформы (по данным глубокого бурения, испытания скважин и полевой геофизики): монография. – Иркутск: Изд-во ИрННТУ, 2015. – 248 с.
5. Коновалов М.А., Романов Г.Р. Применение солевого рассола в качестве основы бурового раствора на месторождениях Восточной Сибири. Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: научные труды XXIII Междунар. науч.-техн. конф. (Иркутск, 04–07 апреля 2023 г.). – Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2023. – Вып. 23. – С.74-80
6. Леляев А.С., Заливин В.Г. Результаты экспериментального бурения при ликвидации зон поглощений на Хандинской площади. Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: научные труды XXIII Междунар. науч.-техн. конф. (Иркутск, 04–07 апреля 2023 г.). – Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2023. – Вып. 23. – С.70-73
7. Ушивцева Л.Ф. Геологические риски и экологическая безопасность бурения скважин в регионах с развитием солянокупольной тектоники В сборнике: Геоэкологические проблемы современности и пути их решения. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Орёл, 2020. – С. 103-113
8. Мандельбаум М.М. Геологическое строение и нефтегазоносность зоны Верхнеангарских дислокаций. В кн.: Геофизические исследования и проблемы нефтегазоносности юга Сибирской платформы. М., 1962. – Вып. 2. – С. 3-108

© Л. Н. Константинова, Э. С. Волгина, 2025