



ПРИСАЯНО-ЕНИСЕЙСКАЯ СИНЕКЛИЗА – ОБЪЕКТ ГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н. В. Мельников, А. С. Ефимов, Е. В. Смирнов, Г. Д. Назимков, Л. В. Медюхина

В связи со строительством нефтегазопроводных систем в Восточной Сибири необходимо освоение Присаяно-Енисейской синеклизы (юго-запад Сибирской платформы). Здесь перспективы нефтегазоносности связаны с четырьмя комплексами чехла – рифейским, вендским, верхневендско-нижнекембрийским и кембрийским. Нефтегазоносные комплексы различаются по распространению, литологическому составу пород коллекторов, типу ловушек и резервуаров, ресурсам нефти и газа. Имеющиеся данные указывают на высокие возможности открытия новых перспективных зон газонакопления в Присаяно-Енисейской синеклизе и севернее ее – в Ангарской зоне складок. Особое внимание следует уделить ордовикскому НГК, особенно его нижней части, так как по катагенетической преобразованности ОВ он благоприятен для открытия залежей нефти.

Ключевые слова: юго-запад Сибирской платформы, Присаяно-Енисейская синеклиза, Ангарская зона складок, газонасные районы, перспективы, нефтегазоносные комплексы, продуктивные горизонты, структуры, коллекторы, покрышки.

PRISAYANY-YENISEI SYNECLISE AS A GAS TARGET IN THE SOUTH-WEST OF THE SIBERIAN PLATFORM

N. V. Melnikov, A. S. Efimov, E. V. Smirnov, G. D. Nazimkov, L. V. Medyukhina

It is necessary to develop the Prisyany-Yenisei syncline situated in the south-west of the Siberian Platform in connection with the construction of oil-and-gas pipeline systems in East Siberia. Here, hydrocarbon prospects are associated with four cover complexes, namely, Riphean, Vendian, Upper Vendian – Lower Cambrian and Cambrian ones. Hydrocarbon complexes differ in distribution, lithological compositions of reservoir rocks, trap and reservoir types, oil and gas resources. The available evidence suggests broad potentials for discovery new zones promising for HC accumulation at the Prisyany-Yenisei syncline and its northern part, i. e. the Angara folded zone. Particular emphasis should be placed on the Ordovician petroleum complex, in particular on its lower area. It is favorable to the discovery of oil pools by catagenetic maturation of organic matter.

Key words: south-western Siberian Platform, Prisyany-Yenisei syncline, Angara folded zone, gas regions, prospects, petroleum complexes, pay horizons, structures, reservoirs, caps.

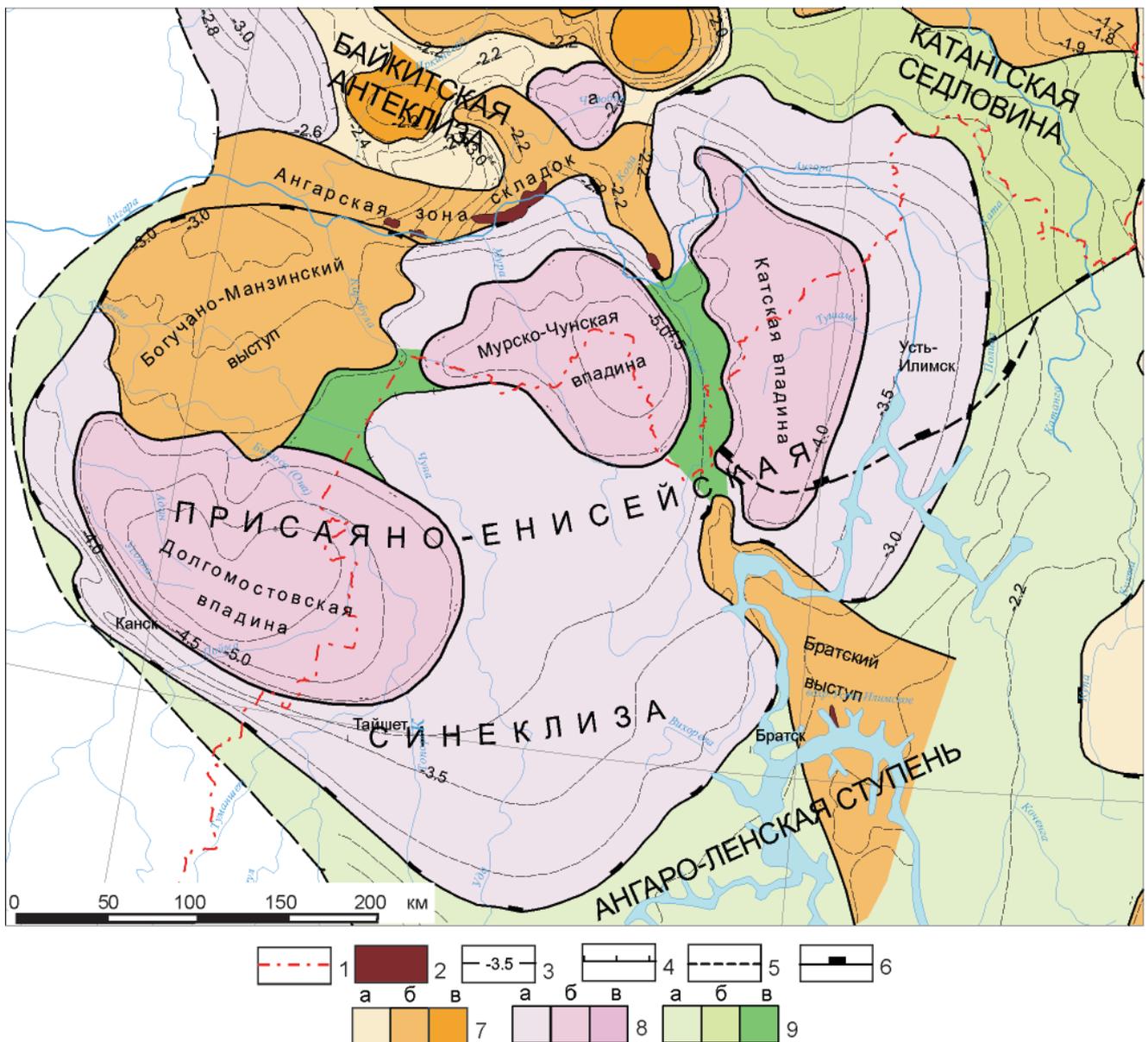
На юго-западе Сибирской платформы в зоне развитой (по меркам Восточной Сибири) транспортной и промышленной инфраструктуры расположена Присаяно-Енисейская синеклиза. Эта газонасная область, обладающая мощным осадочным чехлом, в конце XX в. оказалась незаслуженно обойдена геолого-разведочными работами (ГРП) на нефть и газ, которые возобновились лишь в последние годы за счет средств федерального бюджета и ОАО «Газпром». В связи с этим для принятия решения о развороте нефтегазопроисковых работ в Присаяно-Енисейской НГО целесообразно собрать и обобщить материалы проведенных ранее ГРП и создать на их основе нефтегазогеологическую модель. Эта модель должна охватывать достаточно обширную территорию, чтобы в ее рамках можно было судить о бассейнах генерации углеводородов, путях миграции и зонах накопления залежей УВ, в том числе жидких.

Геолого-разведочные работы последних лет позволяют сделать вывод, что основные неф-

тематеринские отложения на Сибирской платформе сосредоточены в рифее. Кроме того, нефтепроизводящие и обогащенные органическим веществом породы осадочного чехла Присаяно-Енисейской синеклизы имеются в венде, кембрии и ордовике.

На рисунке показан фрагмент тектонической карты НГО Сибирской платформы. Вероятна миграция УВ к краевым зонам рифейских осадочных палеобассейнов, где следует ожидать зоны скопления УВ. Поскольку предполагаемые основные нефтематеринские толщи рифея расположены на глубине более 4–5 км, то в этом районе заполнение ловушек преимущественно газовое. Сохранности залежей газа способствуют мощные солевые толщи кембрия.

Остановимся более детально на оценке нефтегазоносности Присаяно-Енисейской синеклизы и Ангарской зоны складок, которым, на наш взгляд, при планировании и проведении ГРП на нефть и газ уделялось недостаточно внимания. Таким образом, задача этой статьи – пробудить интерес к поискам углеводородов на территории слабоизученной части Присаяно-Енисейской НГО.



Фрагмент тектонической карты нефтегазоносных провинций Сибирской платформы (2010 г.)

1 – административные границы; 2 – месторождения УВ; 3 – изогипсы подошвы кембрия; контуры структур: 4 – II порядка, 5 – I порядка, 6 – надпорядковых; пликативные структуры чехла (а – крупнейшие (надпорядковые), б – крупные (I порядка), в – II порядка): 7 – положительные, 8 – отрицательные, 9 – промежуточные

Присаяно-Енисейская НГО охватывает район одноименной синеклизы, которая находится на юге Сибирской платформы. Площадь синеклизы более 170 тыс. км², толщина осадочных пород в основном 5–6 км и лишь в Долгомостовской и Мурской впадинах до 10 км. Сейсморазведочными работами установлено, что подошва рифейской толщи может залегать на 10-километровой глубине. Огромный объем осадочных пород и широкий диапазон отложений, обогащенных органическим веществом, позволяют высоко оценить ресурсный потенциал синеклизы: более 2800 млн т УУВ, в том числе извлекаемых более 2400 млн т.

Проблема нефтегазоносности осадочного чехла Присаяно-Енисейской синеклизы находится на региональной стадии изучения. Остается невыясненным главный вопрос: какие объекты и целевые

интервалы в разрезе чехла изучаемой территории могут быть рекомендованы для поисковых работ.

Опорные, параметрические и поисковые скважины пробурены в основном в бортовых частях Присаяно-Енисейской синеклизы. Они вскрыли разрезы кембрия и частично венда [3]. В центральной части пробурены единичные скважины, вскрывшие отложения ордовика (Абанская), ангарской свиты нижнего кембрия (Чуно-Бирюсинская), бельской свиты нижнего кембрия (Мироновская, Пушкинская, Почетская, Сидоровская). Основные продуктивные комплексы юга Сибирской платформы в центральной части синеклизы не вскрыты, так как залегают на больших глубинах.

ГРП на нефть и газ проводились в три этапа: первый (1952–1959 гг.) – бурение 6 глубоких скважин в Иркутском амфитеатре (трест ВСГУ), второй



(1963–1975 гг.) – 17 скважин в Канско-Тасеевской впадине (трест «Красноярскнефтегазразведка», третий (1989–1993 гг.) – сейсморазведочные работы в красноярской части Присаяно-Енисейской синеклизы (ПГО «Енисейнефтегазгеология»). Сейчас возобновлена региональная и поисковая сейсморазведка на Богучано-Манзинском выступе (северо-западная часть НГО).

Последние обобщения по геологическому строению и нефтегазоносности Присаяно-Енисейской НГО выполнены Г. Д. Назимковым и А. Ф. Бабинцевым (2003, 2006 гг.), Н. С. Покровским и А. А. Конторовичем (2003 г.), детально рассмотревшими стратиграфию, тектонику, историю формирования осадочного чехла и признаки нефтегазоносности.

Разрез осадочного чехла Присаяно-Енисейской НГО составлен образованиями от рифея до четвертичных осадков, но основной объем отложений накоплен в рифее – ордовике [3]. Поэтому в работах по нефтяной геологии на изучаемой территории выделяют перспективные рифейский, вендский, верхневендско-нижнекембрийский, кембрийский и ордовикско-девонский нефтегазоносные комплексы (НГК). Вышележащие отложения бесперспективны.

Рифейский НГК изучен в основном за пределами Присаяно-Енисейской НГО: на западе Восточного Саяна, на юге Енисейского кряжа, на Иркинеевском выступе. На востоке НГО на забое скважин Ковинской и Усть-Илимской площадей вскрыты рифейские карбонаты, а на Седановской площади – песчаники верхов рифея. В ходе сейсмических работ участками прослежена подошва венда, ниже которой предполагаются рифейские отложения.

В Ангарской зоне складок рифей вскрыт Имбинскими скв. 2 и 180 и Агалеевской скв. 4. Во всех скважинах отложения разновозрастны. В Имбинской скв. 2 в инт. 2855–3011 м вскрыта толща серых, темно-серых хлорит-серицитовых сланцев с прослоями кварцитовидных песчаников и доломитов (вероятно, шунтарская свита). В Имбинской скв. 180 рифейские отложения, вскрытые в инт. 2904–3011 м, сложены серовато-коричневыми органогенными, участками кавернозными доломитами, отнесенными к джурской свите. И наконец, в Агалеевской скв. 4 в инт. 3546–3711 м вскрыты отложения брусской свиты, представленные переслаиванием зеленовато-серых, буроватых сланцев и серых, темно-серых кварцитовидных песчаников. В нижней части разреза появились карбонаты.

В центральных районах Присаяно-Енисейской синеклизы по общегеологическим предположениям прогнозируется мощность рифейских отложений 2,5–3,5 км. Но сейсмопрофиль «Алтай – Северная Земля» показал к югу от р. Ангара резкий подъем внутририфейских отражающих горизонтов (вплоть до предвендского срезания рифейских толщ) и наличие крупного сводового выступа

фундамента. Поэтому не следует считать, что в Присаяно-Енисейской синеклизе рифейские толщи распространены повсеместно [5].

Глубина залегания рифейского НГК в Присаяно-Енисейской синеклизы 4500–10000 м.

Такие сведения не позволяют относить рифейский НГК к числу основных для поиска углеводородов.

В поднятых зонах необходимо с помощью современных геофизических методов получить дополнительную информацию о строении рифейских отложений.

Вендский НГК на северо-западе синеклизы составляет тасеевская серия, на востоке – ковинская и чорская свиты мотской серии, на западе Восточного Саяна – оселковская серия. Терригенные породы вендского НГК вскрыты скважинами на Богучанской, Имбинской и Агалеевской площадях на севере области и на Ковинской, Седановской и Усть-Илимской на востоке. Глубина залегания вендского НГК в центральных частях Присаяно-Енисейской НГО от 4000 (север Богучано-Манзинского выступа) до 10000 м. Такие глубины обуславливают уплотнение песчаников, поэтому существует проблема прогноза поровых коллекторов в вендском НГК.

Верхневендско-нижнекембрийский НГК составлен карбонатами верхнего венда и основания кембрия. Его изученность и глубины залегания примерно те же, что и вендского НГК. На северо-востоке Присаяно-Енисейской НГО в верхневендско-нижнекембрийском НГК установлены пачки каменных солей среди карбонатов в средней части комплекса. Здесь комплекс включает три самостоятельных возможно газонасных горизонта (сверху вниз): осинский, усть-кутский (тэтэрская свита) и преображенский (катангская свита). В северо-западной части НГО отсутствует осинский горизонт, а верхний венд составляет единую карбонатную толщу.

В комплексе ожидаются коллекторы трещинного типа. Первичная пористость карбонатов на этих глубинах в основном очень низка вследствие значительной «текучести» карбонатов.

Как вендский, так и верхневендско-нижнекембрийский НГК перспективны для поиска углеводородов на Богучано-Манзинском выступе и на окраинах Присаяно-Енисейской синеклизы.

В *кембрийском НГК* чередуются более мощные соленосные и менее мощные карбонатные толщи. Последние выделены в качестве возможно нефтегазоносных горизонтов. На востоке Присаяно-Енисейской НГО это (сверху вниз) нижелитвинцевская подсвита, булайская свита, верхняя и нижняя части нижнебельской подсвиты; на западе литвинцевская свита размыта во время предверхоленского перерыва, поэтому здесь к возможно нефтегазоносным горизонтам отнесены только булайская свита и нижнебельская подсвита.



В соленосных толщах кембрийского НГК присутствуют карбонатные пачки толщиной до 10–30 м, но выделение их как перспективных для поиска УВ проблематично.

Близ западной окраины Присаяно-Енисейской синеклизы в скважинах установлено фациальное замещение соленосных толщ на терригенные красноцветные. Перспективы этой зоны не оценивались, но терригенные толщи содержат пласты песчаников и рассматриваются как объект распространения коллекторов в кембрийском НГК.

В восточной половине синеклизы находится зона выходов нижнелитвинцевской подсистемы под верхоленскую свиту. Здесь во время предверхоленского перерыва и размыва могли сформироваться вторичные коллекторы каверново-трещинного типа. Эта зона в Присаяно-Енисейской НГО пока не установлена. Данная задача может быть решена сейсмостратиграфическими работами.

Ордовикско-девонский НГК полностью вскрыт скважинами в центральных районах Присаяно-Енисейской НГО. В низах комплекса (усть-кутская свита ордовика) находится ряд пачек песчаников – возможных коллекторов углеводородов. Мощность отложений ордовика и их генерационный потенциал показаны ниже. Здесь следует отметить только, что этот стратиграфический уровень наиболее перспективен во впадинах и на седловинах, разделяющих Долгомостовскую и Мурско-Чунскую (Чуно-Бирюсинская седловина) впадины, а также в Ковинской седловине, разделяющей Катскую и Мурско-Чунскую впадины.

Последняя оценка ресурсов углеводородов Сибирской платформы выполнена на 01.01.2002. Ресурсы Присаяно-Енисейской НГО (170 тыс. км²) составляют 2855 млн т УУВ, в том числе в Красноярском крае 1362, в Иркутской области 1493 млн т УУВ; преобладает свободный газ (2 трлн м³), извлекаемой нефти меньше 50 млн т.

Углеводороды в Присаяно-Енисейской НГО равномерно распределены по четырем нефтегазоносным комплексам: рифейскому, вендскому, верхневендско-нижнекембрийскому и кембрийскому. Правда, не оценен ордовикский комплекс. Это упущение следует исправить, так как мощность ордовика меняется от 1100 в Чуно-Бирюсинской скважине до 1500 м в Абанской. На этой глубине, возможно, нефтематеринские пласты усть-кутской свиты входят в зону нефтегазогенерации. В данных скважинах ордовикские породы перекрыты силурийскими и девонскими, в других скважинах мощность ордовика меняется от 600 (Ковинская скв. 1) до 1200 м (Тайшетская скв. 1). По определениям фильтрационно-емкостных свойств в Заярской и Тайшетской опорных скважинах пористость песчаников в низах ордовика 10–15 %, проницаемость 30–380 мД.

Геохимия пород Присаяно-Енисейской синеклизы подробно рассмотрена в 2003 г. Л. Н. Болдушевской и др. [1], выполнившими комплекс ис-

следований углей и углистых пород из разрезов юрских котловин. На основании отражательной способности витринита из юрских углей авторы делают вывод, что отложения юры и мела были в основном размывы. Современные мощности юры достигают 500 м, а размывы было около 1800 м. Палеорекострукции позволили установить, что ОВ отложений ордовика и верхоленской серии во впадинах синеклизы преобразовано до стадии МК₂¹ (газовой). Органическое вещество в отложениях венда и рифея в большинстве районов преобразовано до стадии АК (отощено-спекающейся) и полностью реализовало нефтегенерационный потенциал.

Ю. А. Филиппов и Л. Н. Болдушевская полагают, что в рифейском, вендском и верхневендско-нижнекембрийском НГК возможно обнаружение газовых и газоконденсатных залежей. В северной приподнятой части Богучано-Манзинского выступа в газоконденсатных залежах этих комплексов возможны нефтяные оторочки.

В кембрийском НГК катагенез в межсолевых карбонатных толщах дает возможность предполагать обнаружение нефтяных залежей, но генерационный потенциал кембрийских толщ низок и не позволяет рассчитывать, что запасы этих залежей будут крупными.

Ордовикско-девонский НГК, особенно его ордовикская нижняя часть, по катагенетической преобразованности ОВ благоприятен для открытия залежей нефти. Его генерационный потенциал оценивался очень низко [3], но такую оценку нельзя распространять на весь его разрез. В низах ордовика (усть-кутская свита) количество C_{орг} повышено [2], катагенез ОВ находится на стадиях МК₁²–МК₁¹ во впадинах синеклизы, поэтому седловины между впадинами могут быть нефтегазосборными территориями.

Таким образом, геохимические исследования ОВ подтверждают оценку ресурсов Присаяно-Енисейской НГО, в которой зафиксировано резкое преобладание свободного газа и конденсата.

Представления о депоцентрах генерации и аккумуляции углеводородов в Присаяно-Енисейской синеклизе основаны на тектонических данных строения и истории формирования ее чехла. Здесь выделяют три зоны нефтегазообразования – Долгомостовскую, Мурско-Чунскую и Катскую впадины (структуры длительного формирования). Миграционные потоки углеводородов были направлены от днищ впадин к их бортам, в том числе к бортам синеклизы, к седловинам, разделяющим впадины, и к северной части Богучано-Манзинского выступа. Это самая общая схема размещения центров нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Ее детализация будет выполнена при дальнейших ГРП.

Структурные планы Присаяно-Енисейской синеклизы по основным отражающим горизонтам детально рассмотрены А. В. Исаевым, Н. В. Мель-



никовым (2003), А. Ф. Бабинцевым (2004). Судя по их данным, на Богучано-Манзинском выступе выявлены сквозные структуры, часто с боковыми тектоническими экранами. Без дизъюнктивных экранов некоторые структуры являются полузамкнутыми. Большинство структур выделено по материалам геологической съемки и сейсморазведки МОВ. На Богучано-Манзинском выступе целесообразны поисковые работы сейсморазведкой ОГТ высокой кратности.

Ковинская седловина находится в основном в Красноярском крае. Работами МОВ определена Араканская локальная структура. Видимо, на Ковинской седловине находятся локальные структуры, местоположение и строение которых пока неизвестно.

Крутой юго-западный склон Присаяно-Енисейской синеклизы осложнен как дизъюнктивами, так и приразломными складками. Подобная структура установлена работами МОВ на Тайнинской площади, где две поисковые скважины не выявили в ее контуре залежей УВ. Приуроченность таких структур к борту синеклизы показана на региональном разрезе ОГТ, проходящем через запад Присаяно-Енисейской синеклизы.

Структуры приразломного генезиса находятся на путях миграции углеводородов. Это основной тип поисковых объектов на бортах Присаяно-Енисейской синеклизы.

Таким образом, Присаяно-Енисейская НГО преимущественно газоносная. Здесь следует проводить региональные геолого-геофизические работы первой стадии (прогноз нефтегазоносности). Объект исследования – вся Присаяно-Енисейская синеклиза как осадочный бассейн; цель – обосновать наиболее перспективные направления и выбрать первоочередные объекты дальнейших региональных работ по прогнозу и оценке зон газонакопления.

На территории Присаяно-Енисейской НГО выделено пять возможно газоносных районов (ГР). Все они определены по тектоническим критериям, различия в строении их разрезов установлены только по верхней части осадочного чехла, а именно по ордовикско-девонскому и кембрийскому НГК.

Богучано-Манзинский ГР охватывает одноименный выступ. Он наиболее перспективен для поисков залежей газа в кембрийском, верхневендско-нижнекембрийском и вендском нефтегазоносных комплексах.

В кембрийском НГК перспективны булайский и нижнебулайский интервалы разреза; в верхневендско-нижнекембрийском НГК – тэтэрский и собинский. Сочетание солей усольской свиты и нижезалегающих карбонатов верхнего венда позволяет выделить тэтэрскую свиту в целевой горизонт для ГРР в Богучано-Манзинском районе. В горизонте преобладают коллекторы порово-трещинного типа, поэтому нужны работы по выделе-

нию участков с большей вероятностью распространения зон трещиноватости в карбонатах.

Вендский НГК включает уровни распространения коллекторов в пластах песчаников, но большие глубины терригенного венда не позволяют рассчитывать на сохранение в нем выдержанных флюидоносных горизонтов. Здесь, видимо, могут находиться литологически замкнутые залежи УВ.

Перспективы рифейского НГК не изучены.

На карте нефтегазоносности Сибирской платформы Богучано-Манзинский выступ отнесен к землям с плотностью начальных геологических ресурсов УВ 30–50 тыс. т/км². Здесь намечен ряд поднятий по данным геологической съемки, сейсморазведки МОВ и колонкового бурения. Некоторые из структур можно отнести к выявленным. Большинство структур тектонически ограничены, однако часть их не имеет замыкания вверх по региональному подъему пород на север. Предполагается, что структуры сквозные, но это не подтверждено ни бурением, ни сейсморазведкой.

Ковинский ГР оценивается как менее перспективный по сравнению с Богучано-Манзинским. Здесь перспективны верхневендско-нижнекембрийский, кембрийский и, возможно, ордовикско-девонский НГК.

В Ковинской седловине по данным сейсморазведки МОВ подошва ордовика находится на глубине 1200 м; ожидаемая пористость песчаников нижнего ордовика 10–15 % [2]. В Мироновской и Чуно-Бирюсинской скважинах мощные песчаники разделены пачками аргиллитов, которые являются зональными покровками.

В кембрийском НГК Ковинского НГР распространены нижнелитвинцевская, булайская и нижнебулайская карбонатные толщи. В результате предверхоленского размыва здесь возможно формирование вторичных трещинно-каверновых коллекторов в карбонатных породах нижнелитвинцевской подсвиты, перекрытой мергелями нижней части верхоленской свиты.

Верхневендско-нижнекембрийский НГК включает осинскую, тэтэрскую и собинскую карбонатные толщи. В катангской свите и средней части собинской здесь ожидаются пачки каменной соли.

По материалам сейсморазведки МОВ в Ковинской седловине находится ряд локальных структур. Очевидно, в Ковинском ГР основной тип ловушек – структурные, пластовые, с коллекторами порового и трещинно-кавернового типов. На современном этапе нет возможности выбора здесь целевого горизонта.

Долгомостовский, Мурско-Чунский и Кежемский районы на карте нефтегазоносности Сибирской платформы (2002 г.) оцениваются как низко- и среднеперспективные. Некоторые перспективы в этих районах связаны с межсолевыми карбонатными толщами в кембрийском НГК. Этот вывод следует дополнить вышеприведенными данными о перспективности ордовика. В Долгомостовском



ГР нижний ордовик является целевым горизонтом; в Мурско-Чунском и Катском, видимо, это нижнеордовикский и нижнелитвинцевский.

В перечисленных газоносных районах нефтегазопоисковые работы следует направить на выявление и подготовку ловушек структурного типа по отражающим горизонтам Н (ангарская свита) и О (ордовик). Так, например, на временах 2,0 и 1,2 с на сейсмических разрезах выявлено крупное, но малоамплитудное поднятие в центральной части Долгомостовской впадины. Можно утверждать, что здесь в кембрийских и ордовикских частях разреза распространены сквозные структуры. Коллекторы – пакки песчаников нижнего ордовика с пористостью 16,7–18,9 % [4].

Присаянский ГР, охватывающий крутой юго-западный склон Присаяно-Енисейской синеклизы, оценивается как низкоперспективный. Юго-западная граница района проведена по выходам на поверхность рифейских толщ или фундамента. Мы полагаем, что здесь перспективны кембрийский и верхневендско-нижнекембрийский НГК.

Ожидаемый тип ловушек в районе – структурные с дизъюнктивными ограничениями. Такие ловушки определены по результатам сейсморазведки МОВ и на юго-западном окончании регионального сейсмического разреза ОГТ. Вероятно, крутой высокоамплитудный юго-западный склон синеклизы осложнен продольными и поперечными дизъюнктивами, в поднятых и опущенных блоках которых сформировались приразломные структурные ловушки типа Тайнинской. В этих ловушках преобладают коллекторы порово-трещинного типа. Залежи в подобных ловушках установлены на восточном склоне Предуральского прогиба (нефтяные месторождения Карлы и Кинзебулатово).

Поисковые геолого-разведочные работы на приразломный тип ловушек – это единственное направление работ, которое можно сегодня предложить в Присаянском НГР.

Чуно-Удинский газоносный район занимает юго-восток Присаяно-Енисейской НГО. Это очень слабо изученная сейсморазведкой моноклинал, на которой ожидается ряд структурных ловушек. Здесь перспективны вендский, верхневендско-нижнекембрийский и кембрийский НГК.

Изученность региона очень низкая, особенно центральных, восточных частей синеклизы и области ее сочленения с Ангаро-Ленской ступенью, поэтому ГРР должны быть направлены на изучение регионального строения и на поиски крупных ловушек УВ структурного типа в центральных частях синеклизы и структурно-литологических на ее окраинах. При этом работы регионального и поискового этапов в значительной мере будут проводиться параллельно. Глубинное региональное строение синеклизы изучено весьма схематично. Намечены впадины, выступ, моноклинал, седловины. Их контуры по перспективным уров-

ням венда и рифея не определены. Поэтому цель региональных работ – обозначить контуры и амплитуды намеченных крупных структур, выделить внутри них структуры II порядка, спрогнозировать крупные зоны развития коллекторов, особенно в терригенных и карбонатных вендских отложениях и в ордовикской толще, выявить области и масштабы развития перспективных рифейских отложений.

Ангарская зона складок достаточно полно изучена комплексом геолого-геофизических работ, которые послужили основанием для постановки здесь нефтегазопоисковых работ.

Ангарская зона складок покрыта аэрогеологической съемкой м-ба 1:100 000, выполненной ВАГТ под руководством М. Н. Благовещенской в 1957 г. Позднее проведена государственная геологическая съемка м-ба 1:200 000; составлена сводная геологическая карта м-ба 1:500 000. По материалам завершенных геологических съемок на территории междуречья Ангары и Подкаменной Тунгуски в результате структурно-поисковых работ построена структурная карта Иркинеевской площади м-ба 1:200 000, на которой выделен ряд положительных структур, представляющих интерес для последующих нефтегазопоисковых работ

На основании космогеологического картирования составлена карта, на которой выделены крупные структурообразующие разломы и кольцевые структуры.

Комплекс неотектонических исследований лег в основу новейшей тектоники нефтегазоперспективных земель Красноярского края м-ба 1:1 000 000, на которой положительные структуры Ангарских складок по неотектоническим признакам относятся к землям, благоприятным для формирования залежей УВ.

Газоносность вендского комплекса Ангарской зоны складок установлена Имбинской параметрической скв. 180 (получен непромышленный приток газа) в 1989 г. Промышленная значимость структуры определена после бурения поисковой Имбинской скв. 2, в которой свободный дебит газа из отложений редколесной свиты составил более 350 тыс. м³/сут.

В 1991 г. на Агалеевской площади пробурены поисковые скв. Аг-1 и Аг-3, из которых получены промышленные притоки газа, и поисковая скв. 1 на Ильбокичской площади. В 1992 г. скв. Илб-4 и Клм-139 вскрыли вендские и рифейские отложения, подтвердившие структурные построения по данным сейсморазведки с незначительными отклонениями (в пределах прогнозной точности).

С 2000 г. ОАО «Красноярскгазпром» и ООО «Красноярскгаздобыча» пробурили скв. Брм-179, Брм-1, Бр-2 на Берямбинском поднятии и скв. Аб-1 на Абаканском. Впервые в зоне Ангарских складок была установлена газоносность нижнебельских отложений: скв. Бр-1 вскрыла газоконденсат-



ную залежь в так называемом христофоровском горизонте нижнебельской подсвиты. В 2004 г. Берямбинское месторождение поставлено на баланс. На Абаканском поднятии из отложений венда (от катангской свиты до алешинской) получены промышленные притоки газа.

В Ангарской зоне складок выделяются рифейский, вендский, верхневендско-нижнекембрийский и кембрийский НГК.

Рифейский НГК изучен наиболее слабо. После глубокого размыва он перекрыт отложениями тасеевской серии и при определенных условиях может содержать трещинные и трещино-каверновые коллекторы. Флюидоупорами могут служить глинистые и карбонатные горизонты самих рифейских отложений.

Вендский НГК объединяет терригенные отложения тасеевской серии и глинисто-карбонатные катангской свиты.

В вендском НГК продуктивны песчаные пласты Ал-1 и Ал-2 в верхнеалешинской подсвите. Тип коллектора поровый с элементами трещинного. Местными флюидоупорами для этих пластов являются пачки аргиллитов. В чистяковской свите в кровле и нижней части выделяются продуктивные пласты Чс-1, Чс-2; первый сложен песчаниками, второй – преимущественно доломитами. Тип коллектора трещино-поровый. Флюидоупор для пласта Чс-1 – глинистые доломиты, аргиллиты и алевролиты, приуроченные к нижней части мошакской свиты, для пласта Чс-2 – пачка переслаивающихся глинистых алевролитов и аргиллитов, расположенная в середине верхнечистяковской подсвиты.

В верхней половине мошакской свиты продуктивна пачка редколесных песчаников.

Верхневендско-нижнекембрийский НГК составлен (снизу вверх) собинской, тэтэрской и усольской свитами.

В составе собинской свиты выделены три продуктивных пласта: два в средней части свиты (Сб-1 и Сб-2), один в приподошвенной (Сб-3). Все они представлены доломитами. Тип коллекторов каверново-трещинный. Внутренними флюидоупорами в собинской свите, разделяющими эти пласты, служат прослой глинистых доломитов с единичными пропластками каменной соли, общий флюидоупор – ангидритизированные карбонаты тэтэрской свиты и соленосная усольская свита кембрия.

Кембрийский НГК представлен бельской, булайской, ангарской, литвинцевской, оленчиминской и эвенкийской свитами. В бельской свите возможны притоки УВ из средней части карбонатных отложений нижнебельской подсвиты (аналога христофоровского горизонта). С отложениями ангарской свиты связаны в основном газопроявления, приуроченные, как правило, к ее средней части, сложенной доломитами и известняками.

В Ангарской зоне складок и на прилегающих территориях установлены толщи с высоким ка-

тагенезом ОВ, которые на фанерозойском этапе развития могут рассматриваться только в качестве газоматеринских.

На изучаемой территории прогнозируется зона преимущественно газовых и возможно газоконденсатных залежей УВ.

Всего на подготовленных структурах Нижнего Приангарья перспективные ресурсы (геологические) составили 1111457 тыс. т УУВ. На долю свободного газа приходится 86 %. Предварительно оцененные запасы категории С₂ 35,6 млрд м³, частично разведанные запасы категории С₁ 1,8 млрд м³.

В Ангарской зоне складок газы из отложений рифея – венда Имбинского и Агалеевского месторождений, так же как и газы Собинского и Пайгинского, включают повышенное количество азота (14,9–26,9 %) и гелия (0,19–0,51 %). Содержание метана меняется от 68,97 до 81,49 %. Концентрация тяжелых УВ в газе на Имбинской площади несколько выше, чем на Агалеевской, но существенно ниже, чем в Байкитской антеклизе и Катангской седловине, – от 0,57 до 6,83 % (в среднем 3,6 %). Соответствует этому и коэффициент сухости газа (22–27).

В газе Ильбокичской площади содержится 82,8 % метана, 8,02 % тяжелых УВ, 8,86 % азота, 0,15 % гелия.

Газ Берямбинской площади, полученный из отложений нижнебельской подсвиты нижнего кембрия, жирный, содержание суммы тяжелых УВ достигает 15,58 %, количество гелия значительно ниже, чем в газах из рифей-вендских отложений, – 0,005–0,022 %.

В скв. НМд-138 (Нижнемадашенская площадь) из отложений оскобинской свиты в инт. 2706–2781 м получена пластовая вода с растворенным газом, содержание УВ в котором составляет 0,496 %.

В соответствии с классификацией залежей углеводородов по фазовому состоянию залежи с содержанием С₅+высшие 0,2–0,6 %, относятся к газоконденсатно-газовому типу.

Ангарская зона складок в гидрогеологическом отношении рассматривается как граница между Тунгусским и Ангаро-Ленским артезианскими бассейнами. Мощная соленасыщенная глинисто-карбонатная толща усольской свиты, кровля которой в пределах площади находится на глубине 1500–1700 м, является надежным региональным флюидоупором, разделяющим осадочный чехол на два гидрогеологических этажа.

Учитывая, что рассматриваемая территория в настоящее время находится на инфильтрационном этапе развития, максимальные гидростатические напоры следует ожидать в областях питания глубоких горизонтов. На исследуемой части платформы это Енисейский кряж и Иркинеевский выступ, откуда, вероятно, и направлен фильтрационный поток в подсолевых отложениях. Кроме



того, проведенные ранее исследования в южной и юго-западной частях Ангаро-Ленского артезианского бассейна показали падение пьезометрических напоров на север, что позволило предположить частичный перелив рассолов из Ангаро-Ленского бассейна в Тунгусский, причем наиболее вероятно такая разгрузка для подземных вод самой нижней части разреза – подсолевой.

Прогнозируемый гидрогеохимический облик подземных вод территории благоприятен для положительной оценки нефтегазоносности венд-рифейских отложений. Показатели солевого состава указывают на весьма затрудненный режим флюидонасыщенных пластов, что является благоприятным фактором их надежной изоляции и сохранения углеводородных залежей от разрушения.

Ангарская зона складок, расположенная вдоль нижнего течения р. Ангара, отличается высокой тектонической напряженностью, свойственной шовным участкам, разделяющим надпорядковые структуры (Байкитскую антеклизу и Присяяно-Енисейскую синеклизу). Образование Ангарской линейной складчатой зоны началось, очевидно, в раннем карбоне. Наиболее активные структуроформирующие тектонические процессы проявились в пермо-триасовое время. К концу раннетриасового периода основные структуры складчатого обрамления были сформированы. Многие структуры Ангарской зоны складок окружены секущими полукольцевыми дайками долеритов, следовательно, магма внедрилась уже по ослабленным зонам, окаймляющим наиболее контрастные складки.

В Ангарской зоне складок локальные структуры представлены в основном рядом линейных узких антиклиналей и синклиналей, расположенных цепочкой или кулисообразно. Выявлено до 18 локальных структур, ширина которых варьирует от 3 до 13 км, длина – от 3 до 10–45 км, амплитуды – от 100 до 300 м (единичные от 400 до 600 м). Некоторые из них окаймлены дайками долеритов. Развита сквозные высокоамплитудные разломы глубокого заложения.

В Ангарской зоне складок имеется фонд высокоамплитудных локальных структур, в которых структурный план выведенных на поверхность горизонтов соответствует структурным планам глубинных горизонтов. Это подтверждено результатами сейсморазведочных работ на Бедобинском структурном мысе, Аладьинской, Имбинской, Агалеевской и Кодинской локальных структурах. Свод Имбинской антиклинали по глубоким горизонтам смещается к западу на 10–12 км, но это объясняется проявлениями солевой тектоники в усольской свите. Многие структурные элементы Ангарской зоны складок вписываются в современ-

ную гидросеть. Это говорит о том, что структуры развивались унаследованно вплоть до кайнозойского времени.

Унаследованность структурных планов позволяет прогнозировать структурные ловушки в выявленных структурах во всех нефтегазоносных комплексах осадочного чехла. Кроме того, прогноз возможен с помощью данных геологической съемки, так как многие структуры Ангарской зоны складок окаймлены секущими полукольцевыми дайками долеритов, а развитые на сквозных структурных образованиях высокоамплитудные разломы могут экранировать залежи в структурных ловушках.

По нашему мнению, основные целевые объекты для поисков УВ – вендский и верхневендско-нижнекембрийский НГК.

ВЫВОДЫ

Обширная и неравномерно изученная территория Присяяно-Енисейской синеклизы высокоперспективна для поисков залежей газа. Кроме того, она обладает промышленной инфраструктурой и дорожной сетью, более развитыми в сравнении с остальной Восточной Сибирью. Рассматриваемый регион, несомненно, имеет все предпосылки для обнаружения крупных газовых залежей в рифейском, вендском и верхневендско-нижнекембрийском газоносных комплексах. Помимо этого не исключается и обнаружение нового возможно нефтегазоносного ордовикского комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Болдушевская, Л. Н.** История нефтегазообразования в пределах Присяяно-Енисейской синеклизы [Текст] / Л. Н. Болдушевская, Ю. А. Филиппов, Г. Д. Назимков // Проблемы нефтегазоносности Сибирской платформы : Сб. матер. науч.-практ. конф. – Новосибирск : СНИИГиМС, 2003. – С. 101–103.
2. **Крылова, А. К.** О возможной нефтегазоносности ордовика Иркутского амфитеатра [Текст] / А. К. Крылова // Геология и геохимия : Доклады и статьи. Т. 3. – Л., 1960. – С. 138–146.
3. **Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири.** Вып. 8. Иркутский бассейн [Текст] / А. Э. Конторович, Н. В. Мельников, В. Н. Воробьев [и др.]. – Новосибирск, 1995. – 59 с.
4. **Основы геологии и нефтегазоносность запада Сибирской платформы** [Текст]. – Л. : Недра, 1969. – 272 с.
5. **Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири.** Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления [Текст] / Н. В. Мельников, М. С. Якшин, Б. Б. Шишкин [и др.]. – Новосибирск : Академическое издательство «Гео», 2005. – 428 с.