

УДК 553.981.23.041:551.72/.732(571.51-191.2)

ГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ВЕНДСКОМ И КЕМБРИЙСКОМ НГК ТАСЕЕВСКОГО УЧАСТКА ПРИСАЯНО-ЕНИСЕЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н. В. Мельников 1 , А. С. Ефимов 1 , Ю. А. Филипцов 2 , Е. В. Смирнов 1 , В. Н. Беспечный 1 , П. В. Медюхина 1 , Е. Г. Наумова 1

¹Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск; ²Департамент по недропользованию по Центрально-Сибирскому округу, Красноярск

На основе геофизических данных и бурения изучен разрез Тасеевского участка Присаяно-Енисейской синеклизы. Показана перспективность для поиска газа отложений венда и кембрия и, предположительно, трещиноватых пород верхней части рифея. Рассмотрены локальные площади с ловушками газа в песчаниках редколесной свиты венда и в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрия. Отмечено, что в венде преобладают структурные ловушки в брахиантиклиналях и куполах, а в кембрии — ловушки, ограниченные соляным диапиром. Приведено строение ловушек — размеры, площади, высоты, отметки условных ГВК на картах и геологических разрезах. Дана оценка локализованных ресурсов газа как преобладающего вида углеводородов на участке: в песчаниках редколесной свиты вендского НГК 570 млрд м³ (шесть ловушек суммарной площадью 760 км²), а в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрийского НГК — 190 млрд м³ (шесть ловушек общей площадью 510 км²). На основании этих оценок предложено начать новый цикл геолого-разведочных работ на изучаемом участке с учетом того, что там имеется необходимая инфраструктура.

Ключевые слова: Присаяно-Енисейская синеклиза, Тасеевский участок, перспективы газоносности, вендский НГК, кембрийский НГК, локализованные ресурсы газа.

GAS TARGETS OF THE VENDIAN AND CAMBRIAN PETROLEUM PLAYS IN THE TASEEVSKY BLOCK OF THE CIS-SAYAN-YENISEI SYNECLISE IN THE SIBERIAN PLATFORM

N. V. Melnikov¹, A. S. Efimov¹, Yu. A. Filiptsov², E. V. Smirnov¹, V. N. Bespechny¹, L. V. Medyukhina¹, E. G. Naumova¹

¹Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk; ²Department of Subsoil Use for the Central-Siberian Region, Krasnoyarsk

The cross-section of the Taseevsky block of the Cis-Sayan-Yenisei syneclise was analysed based on drilling data. The analysis has shown the potential for searching for gas in the Vendian and Cambrian deposits and, probably, the fractured rocks in the upper Riphean strata. The authors estimated the potential of individual formations of the Taseevskaya Series. They examined local areas with gas traps in the sand-stones of the Vendian Redkolesnaya Formation and in the carbonates of the Cambrian Nizhnebelskaya Subformation. It was revealed that structural traps in brachyanticlines and domes prevail in the Vendian, and traps constrained by salt diapirs are common in the Cambrian. The article gives the structure of traps, their size, area, heights, conditional gas-water contacts on maps and in geological sections. The article contains the appraisal of localised resources of gas as a prevailing hydrocarbon at the block. The sandstones of the Redkolesnaya Formation in the Vendian petroleum play contain 570 bln m³ of gas in six traps with the total area of 760 km², and the carbonates of the Nezhnebelskaya Subformation in in the Cambrian petroleum play contain 190 bln m³ of gas in six traps with the total area of 510 km². Based on this appraisal, the authors suggest commencing a new exploration cycle at the block, taking into account that the required infrastructure is available there.

Keywords: Cis-Sayan-Yenisei syneclise, Taseevsky block, potential gas content, Vendian petroleum play, Cambrian petroleum play, localised gas resources.

DOI 10.20403/2078-0575-2017-1-12-29

Тасеевский участок охватывает западное окончание Присаяно-Енисейской синеклизы на границе с архей-раннепротерозойским Канским массивом Енисейского кряжа. Площадь участка около 1000 км², в административном делении это основная часть Тасеевского района Красноярского края. В географическом плане участок охватывает большую часть бассейна р. Усолка левого притока р. Тасеева (рис. 1). Западное окончание Присаяно-Енисейской синеклизы включает субмеридиональ-

ный Троицко-Михайловский вал и структуры его обрамления.

Осадочный чехол тасеевской части Присаяно-Енисейской синеклизы составляют толщи рифея, венда, палеозоя и мезозоя. На Тасеевском участке скважинами изучен разрез палеозоя и мезозоя. Весь разрез чехла вскрыт в Чунской скв. 1, расположенной в 100 км восточнее Тасеевского участка.

Рифей, возможно, составлен карбонатными и глинисто-карбонатными породами общей мощ-



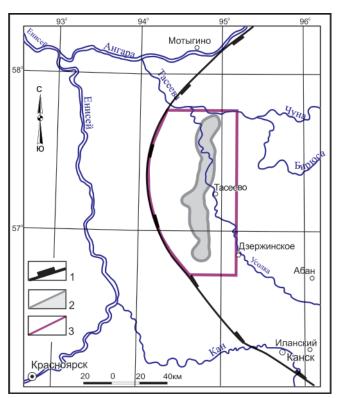


Рис. 1. Обзорная схема расположения Тасеевского участка

1 – граница Присаяно-Енисейской синеклизы; 2 – Троиц-ко-Михайловский вал; 3 – контур Тасеевского участка

ностью 2000-1500 м. Нижний венд выделен в тасеевскую серию чередования пластов и пачек песчаников, алевролитов и аргиллитов (снизу вверх: алешинская, чистяковская, мошаковская и редколесная свиты) общей мощностью 400-750 м. Верхний венд сложен карбонатными породами мощностью 300-400 м. Выше находится вскрытая скважинами толща чередования мощных соленосных и более тонких карбонатных свит и подсвит нижнего кембрия (усольская, бельская, булайская и ангарская свиты). Общая мощность соленосно-карбонатного кембрия составляет 2100-2300 м. Средний и верхний кембрий сложены терригенными породами и мергелями верхоленской свиты мощностью 550-950 м. Верхняя часть свиты на западе территории обычно размыта. Вышележащая терригенная толща ордовика сохранилась восточнее Троицко-Михайловского вала. Мощность ее достигает 900-1500 м. Образования девона, карбона и перми распространены локально и залегают с размывом на отложениях кембрия и докембрия. Мезозой представлен юрскими терригенными породами, расположенными на толщах палеозоя и протерозоя.

Комплекс геофизических работ, проведенных в последние годы (сейсморазведка, электроразведка МТЗ и ЗСБ, детальная гравиметрия), позволил существенно уточнить строение Тасеевского участка, особенно в его соленосной и в подсолевой частях (нижний кембрий — венд). Комплексная обработка и интерпретация всех геофизических данных, выполненная в СНИИГГиМС, послужила основой для

выделения сети основных разломов, границ и типа соленосных структур, стратификации геофизических границ и прогноза литологии подсолевых горизонтов, зон развития коллекторов в осадочном чехле, а также позволила обосновать и выделить локальные участки, представляющие интерес для обнаружения скоплений УВ [3]. Информативность геофизических материалов иллюстрируется разрезами по профилю 530108 (рис. 2). В результате этих работ появилась возможность дать оценку локализованных ресурсов газа для двух резервуаров (песчаники редколесной свиты в вендском и нижнебельские доломиты в кембрийском НГК).

В подсолевой части разреза между отражающими горизонтами (ОГ) Б и Ro фиксируется выдержанность структурных планов. Структуры, проявленные по подошве кембрия (ОГ Б) (рис. 3), сквозные. Они отражены в строении венда. Поэтому в структурном плане Тасеевского участка по кровле редколесной свиты (ОГ М) выделены те же объекты: Богучано-Манзинский выступ и Долгомостовская впадина на востоке, Троицко-Михайловский вал и Усолкинский прогиб в центре, зона блоков и Канский массив Енисейского кряжа на западе (см. рис. 3).

Троицко-Михайловский вал выделен по результатам бурения колонковых и глубоких скважин при геолого-разведочных работах на калийные соли и, главное, на нефть и газ. Пробуренные скважины показали, что это соляной вал, охватывающий соленосно-карбонатные толщи кембрия. Подсолевые интервалы разреза скважинами не вскрыты.

В подсолевых отложениях венда Троицко-Михайловский вал оконтурен сейсморазведкой. Вал имеет ширину от 8 до 16 км, длину 110 км, вытянут в меридиональном направлении. Его западное крыло оканчивается на отметках от -3250 до -4950 м, восточное – на отметках -4000 м. В контуре вала выявлены (с севера на юг) Солнечная, Троицко-Сутягинская брахиантиклинали, Тынысский и Караульнинский купола. Все поднятия образуют ловушки структурного типа, частично ограниченные дизъюнктивными экранами. По оси вала проходит разрывное нарушение. Поэтому в подошве кембрия и в венде проявился Троицко-Михайловский приразломный вал (см. рис. 3). Восточное крыло вала часто опущено по разлому. По данным сейсморазведки амплитуда вала составляет первые сотни метров.

В Предканской зоне блоков на границе с Усолкинским прогибом выделена Западно-Тынысская брахиантиклиналь с дизъюнктивным ограничением западного склона.

Одна структура (Тасеевская) выявлена на югозападном окончании Богучано-Манзинского выступа, где он граничит с Троицко-Михайловским валом. Это типично платформенная брахиантиклиналь. На сейсмических разрезах ее амплитуда не превышает 10–15 мс, в общем плане это терраса. Но в колонковых скважинах, пробуренных на Тынысской,



№ 1(29) **◆** 2017 ——

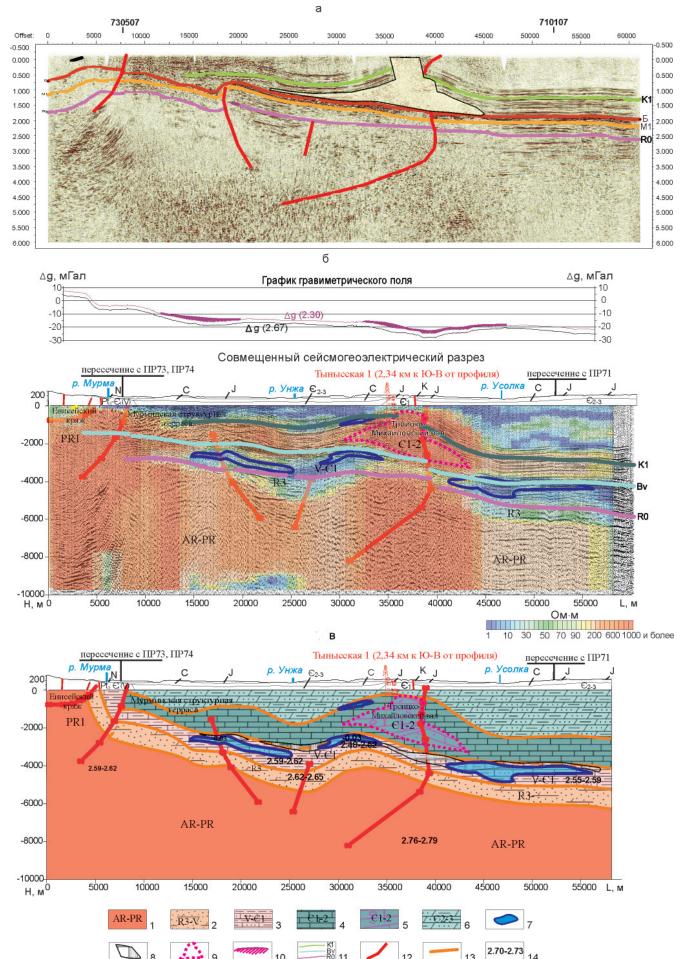




Рис. 2. Сейсмический (а), сейсмогеоэлектрический (б) и геолого-геофизический (в) разрезы Троицко-Михайловской площади по профилю 530108

1 — метаморфическо-кристаллические образования Енисейского кряжа (погребенные и выходящие в эрозионный срез); 2 — отложения рифея, представленные переслаиванием карбонатов, алевролитов, аргиллитов; 3 — отложения венда, представленные в нижней части песчаниками и алевролитами, в верхней части — породами глинисто-сульфатно-карбонатного состава; 4 — галогенно-карбонатные отложения нижнего — среднего кембрия; 5 — соляные вал и диапир; 6 — отложения терригенно-мергельной красноцветной формации среднего — верхнего кембрия; 7 — прогнозируемые ловушки УВ по данным электроразведки; 8 — зоны разуплотнения; 9 — контур соляного вала и диапира по данным электроразведки; 10 — контуры восстановленных аномалий гравиметрического поля; 11 — отражающие горизонты; 12 — тектонические нарушения по данным сейсморазведки; 13 — геоэлектрические границы; 14 — плотность пород, г/см³

Мурминской и Троицкой площадях, зафиксировано уменьшение в восточном направлении толщинюры, перми, карбона, которое с запада подходит к территории структуры. Иначе говоря, ожидается уменьшение толщин ВЧР с малыми интервальными скоростями. Поэтому на карте глубин кровли редколесной свиты венда здесь отражена брахиантиклиналь амплитудой до 50—100 м.

В вышележащей кембрийской части разреза проявился соляной вал, осложненный соляным диапиром. На структурной карте по кровле нижнебельской подсвиты Троицко-Михайловский вал представляет собой соляной диапировый вал (рис. 4). Диапир проходит по оси вала, разрывая разрез нижнего – верхнего кембрия. Ширина диапира на валу 1,5-5 км, длина 115 км. Его борта ограничены дизъюнктивами. Диапир заполнен соленосными перемятыми и перемещенными породами верхнеусольской подсвиты. Перемещение соленосной толщи произошло с западного склона Троицко-Михайловского вала и с востока Усолкинского прогиба. На поперечных разрезах ОГТ перемещенные соленосные породы верхнеусольской подсвиты образуют 2-4-кратный раздув, формируя соляной вал. Так, раздув верхнеусольской соленосной толщи в Тынысской скв. 1 составил более 1896 м. Вверх из раздува выходит соленосный диапировый разрыв, расширяющийся близ дневной поверхности. В результате породы кембрия в интервале бельской – верхоленской свит подняты к дизъюнктивам, ограничивающим диапир с запада и востока. Подъем кембрийских пород к западу от диапира достигает 500-1500 м, к востоку он менее амплитудный - 500-1000 м. Поэтому Троицко-Михайловский вал в толще кембрия рассматривается как соляной диапировый вал [3].

Ловушки газа на Тасеевском участке

Наличие сквозных структур дало основание принять модель частичного наложения площадей ловушек углеводородов в редколесной свите и нижнебельской подсвите (см. рис. 3, 4). Поэтому далее рассмотрены локальные площади, большинство которых включает две ловушки: одну в редколесной свите венда, вторую — в нижнебельской подсвите кембрия (Солнечная, Троицко-Сутягинская, Тынысская, Караульнинская площади на Троицко-Михайловском валу и Тасеевская площадь восточнее вала). Кроме этих площадей показаны Канарайская

площадь с ловушкой в нижнебельской подсвите на юге вала (здесь нет ловушки в вендском НГК) и Западно-Тынысская площадь с ловушкой в вендском НГК (кембрийский НГК находится на глубинах 1000—1500 м в зоне выщелачивания солей в экранирующих покрышках).

Солнечная площадь охватывает северную периклиналь Троицко-Михайловского вала. Здесь по трем сейсмическим профилям выявлено наличие двух ловушек — в песчаниках редколесной свиты венда и в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрия (рис. 5).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда структурного типа: брахиантиклиналь, вытянутая в субмеридиональном направлении, ее длина 18 км, ширина до 8 км, высота до 200 м, площадь (по замкнутым изогипсам –4800 и –4850 м) 117 км². Южная периклиналь ловушки обрезана субширотным сбросом амплитудой до 80 м. По оси структуры проходит взброс, поднято западное крыло, амплитуда подъема до 100 м (см. рис. 5, а, б).

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия структурная, сложная, находится над соляным валом, разорвана соляным диапиром (см. рис. 5, в, г). Соляной вал и диапир сложены перемещенными сюда и перемятыми солями и доломитами верхнеусольской подсвиты кембрия. Высота соляного вала до 2000—2200 м, ширина на Солнечной площади до 9—11 км. Ось вала находится над взбросом, прослеженным в подсолевых вендских и нижнекембрийских породах (см. рис. 5). Подсолевой приразломный вал в венде и соляной диапировый вал в кембрии территориально близки.

На западном склоне соляного вала породы нижнебельской подсвиты залегают обычно под углом 25°, местами круче или положе. Восточный склон вала более пологий, углы наклона пород колеблются около 10°. Такие большие углы наклона карбонатов ограничивают ширину ловушки в нижнебельской подсвите, которая на западном крыле по изогипсе –1600 м достигает 3–4 км, на восточном по изогипсе –1600 м – 0,5–2 км. Общая площадь ловушки оценена в 73 км² по изогипсе –1600 м кровли подсвиты. Длина ловушки по этой изогипсе 14 км. Южное ограничение ловушки принято по тому же субширотному сбросу, который ограничивает ловушку в редколесной свите венда. Высота ловушки на западном склоне соляного вала достигает 650 м,



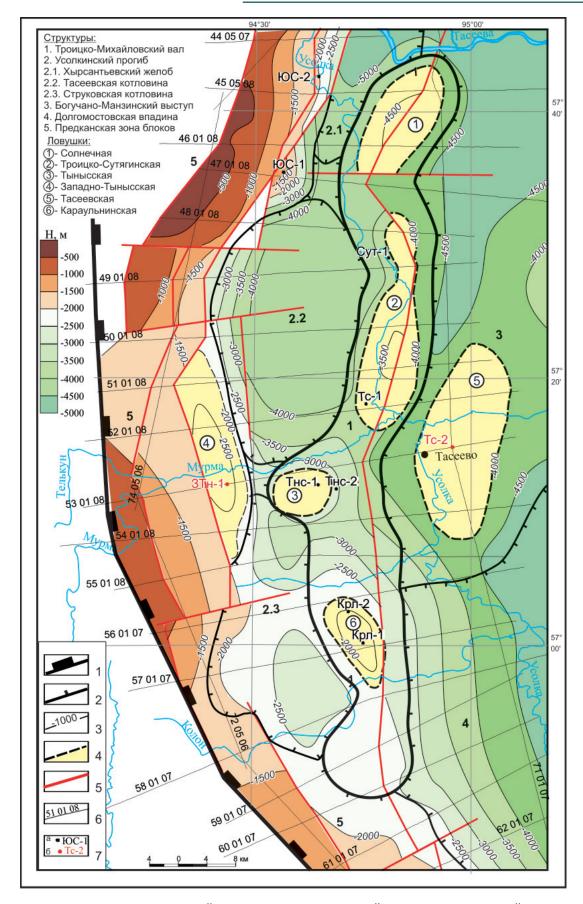


Рис. 3. Ловушки УВ на структурной карте по кровле редколесной свиты венда. Тасеевский участок Присаяно-Енисейской синеклизы

Границы: 1 — Присаяно-Енисейской синеклизы, 2 — структур I и II порядков; 3 — изогипсы кровли редколесной свиты; 4 — контуры ловушек; 5 — дизъюнктивы; 6 — сейсмические профили 2006—2008 гг.; 7 — скважины пробуренные (а), предлагаемые (б)



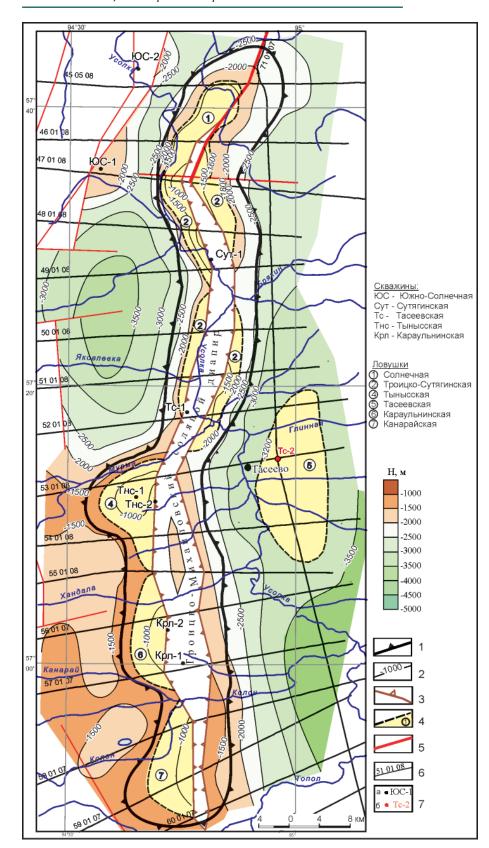


Рис. 4. Ловушки УВ на структурной карте по кровле нижнебельской подсвиты кембрия. Тасеевский участок Присаяно-Енисейской синеклизы

1 — контур Троицко-Михайловского вала; 2 — изогипсы кровли нижнебельской свиты; 3 — контур соляного диапира по кровле нижнебельской свиты; 4 — контуры ловушек; 5 — дизъюнктивы; 6 — сейсмические профили 2006—2008 гг.; 7 — скважины пробуренные (а), предлагаемые (б)

на восточном склоне — 250 м. Обычно такого типа ловушки отличаются сложным распределением залежей углеводородов. Газоносность таких ловушек можно изучать попутно при исследовании отложений венда.

Троицко-Сутягинская площадь находится южнее Солнечной и охватывает продолжение Троицко-Михайловского вала. На площади выявлены

две ловушки в тех же стратиграфических подразделениях (в редколесной свите венда и в нижнебельской подсвите кембрия). Троицко-Сутягинская площадь включает 37 км меридионального продолжения Троицко-Михайловского вала (рис. 6). Ширина вала 10–11 км. Ловушки на площади выявлены по шести субширотным профилям МОГТ (см. рис. 3, 4, 6).



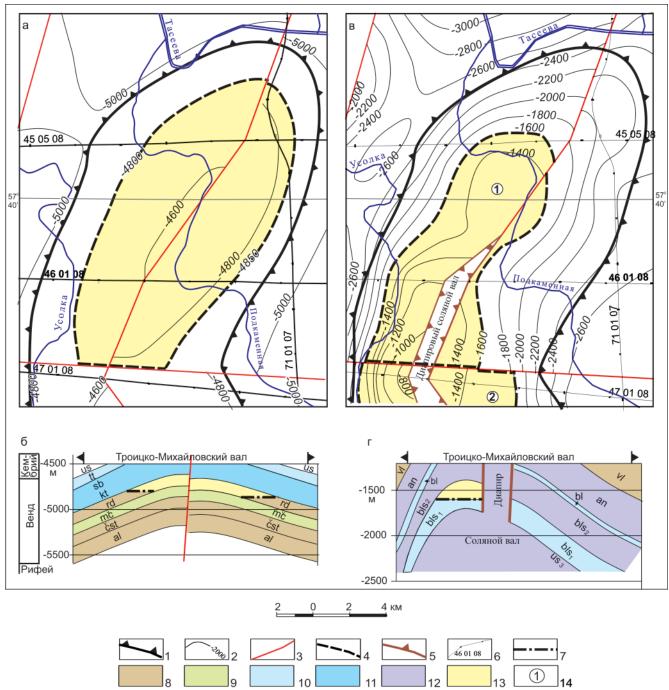
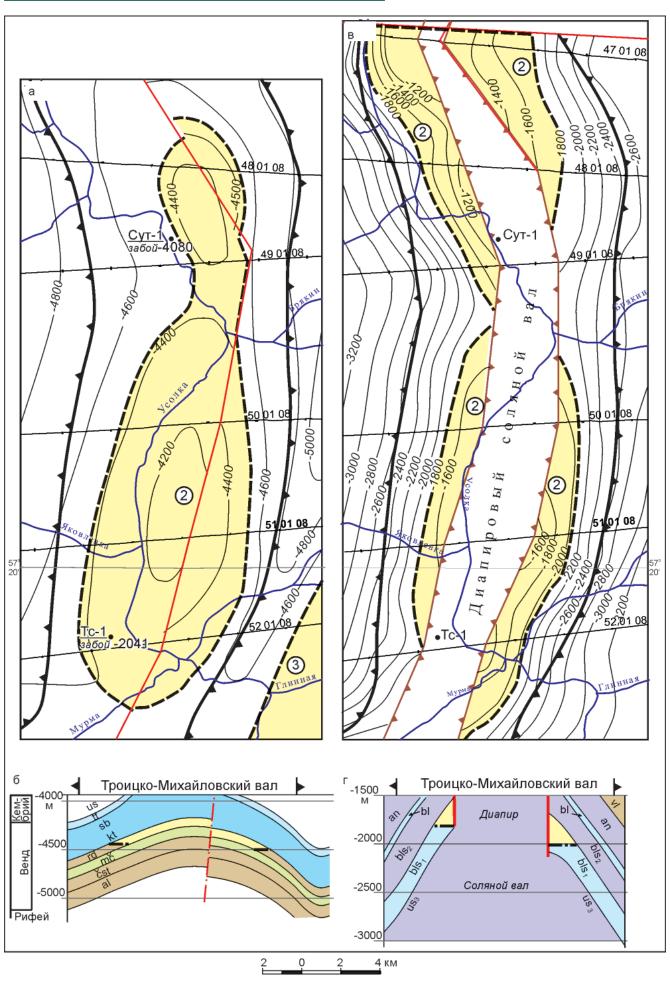


Рис. 5. Ловушки на Солнечной площади Троицко-Михайловского вала: в редколесной свите венда (а – структурная карта по кровле редколесной свиты, б – разрез венда по профилю 460108); в нижнебельской подсвите кембрия (в – структурная карта по кровле нижнебельской свиты, r – разрез кембрия по профилю 460108)

1 — контур Троицко-Михайловского вала; 2 — изогипсы; 3 — дизъюнктивы; 4 — контур ловушки; 5 — контур соляного диапира по кровле нижнебельской подсвиты; 6 — сейсмические профили; 7 — ГВК; литологический состав свит: 8 — терригенные, 9 — глинисто-карбонатные, 10 — карбонатные, 11 — сульфатоносные, 12 — соленосные, 13 — проектное газовое насыщение; 14 — выявленные ловушки (1 — Солнечная, 2 — Троицко-Сутягинская); свиты венда: аl — алешинская, čst — чистяковская, mc — мошаковская, rd — редколесная, kt — катангская, sb — собинская, tt — тэтэрская; свиты кембрия: us — усольская, bls — бельская, bl — булайская, an — ангарская, vl — верхоленская

Рис. 6. Ловушка на Троицко-Сутягинской площади Троицко-Михайловского вала в редколесной свите венда (а — структурная карта по кровле редколесной свиты, б — разрез венда по профилю 510108) и в нижнебельской подсвите кембрия (в — структурная карта по кровле нижнебельской подсвиты, г — разрез кембрия по профилю 510108)

Ловушки: 2 – Троицко-Сутягинская, 3 – Тасеевская; остальные усл. обозн. см. на рис. 5





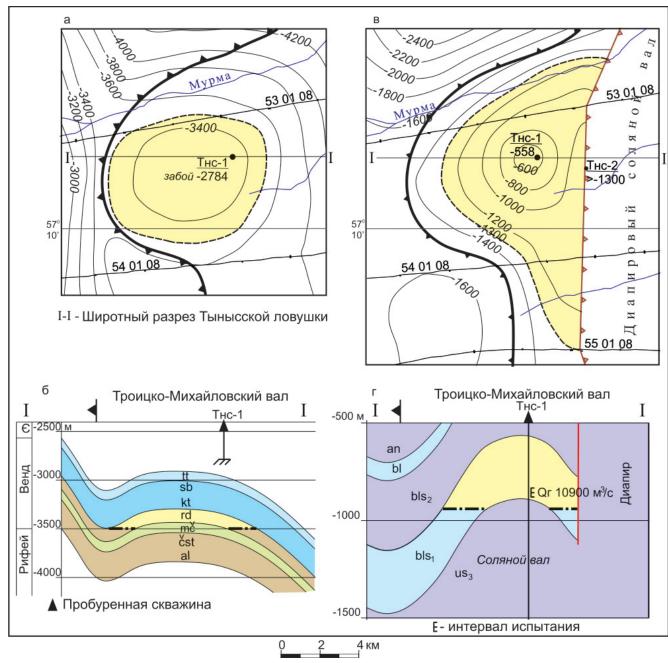


Рис. 7. Ловушки на Тынысской площади Троицко-Михайловского вала в редколесной свите венда (а – структурная карта по кровле редколесной свиты, б – широтный разрез венда) и в нижнебельской подсвите кембрия (в – структурная карта по кровле нижнебельской подсвиты, г – широтный разрез бельской свиты)
Усл. обозн. см. на рис. 5

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда структурного типа — брахиантиклиналь длиной 31 км и шириной 3—8 км (см. рис. 6, а, б). Узкая часть ловушки (3—4 км) находится в северной (Сутягинской) части вала. Высота ловушки в южной части около 200 м, в северной (узкой) — до 70 м. Площадь ловушки — 160 км². По восточному крылу антиклинали проходит взброс. Западная основная часть ловушки поднята на 100 м (см. рис. 6, а, б). Прогнозный ГВК принят на изогипсе —4450 м на основной западной части ловушки и —4510 м на восточной части за взбросом.

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты, вероятно, содержит четыре залежи (см. рис. 6, в, г). Залежи разделены соляным диапировым валом, проходящим по осевой части ловушки, на западном и восточном склонах которого находятся по две залежи.

Диапир прорывает отложения кембрия по осевой части соляного вала. Ширина диапира меняется от 1,2 до 4,0 км, высота достигает 2200 м. Соли диапира являются субвертикальными экранами, а вместе с изгибами изогипс кровли подсвиты образуют дизъюнктивно ограниченные ловушки углеводородов. Наклон крыльев на обоих склонах соляного вала примерно близок (250—400 м/км склона). Суммарная площадь Троицко-Сутягинских ловушек в нижнебельской подсвите кембрия составляет 105 км² по замкнутым изогипсам —1800 м



на западном и –2050 м на восточном склонах. Высота ловушек меняется от 300 до 450 м, ширина от 1,5 до 4,0 км. Ловушки следует изучать попутно.

Тынысская площадь выделена на седловине, разделяющей Тасеевскую и Струковскую котловины Усолкинского прогиба (см. рис. 3). На площади ловушки находятся в редколесной свите и в нижнебельской подсвите кембрия (рис. 7).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда охватывает купол размером 8×6,5 км, площадью 44 км², амплитудой до 200 м. Ловушка пересечена двумя субширотными сейсмопрофилями (см. рис. 7, а, б) и замыкается по изогипсе –3500 м по кровле редколесной свиты.

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты также охватывает купол, но с востока он обрезан диапиром, в результате восточная приразломная часть ловушки увеличена в меридиональном направлении до 15 км (см. рис. 7, в). На вершине ловушки в 1957—1958 гг. пробурена скв. Тнс-1, в которой испытана нижняя часть нижнебельской подсвиты и получен приток газа дебитом 10900—11900 м³/сут (см. рис. 7, г) [5, 6]. Газоносность ловушки доказана. Площадь ловушки по изогипсе —1300 м составляет 65 км².

Караульнинская площадь находится южнее Тынысской на Троицко-Михайловском валу. Здесь выявлены две ловушки: в песчаниках редколесной свиты венда и в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия (рис. 8).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты занимает южное окончание приразломного вала, установленного в разрезах низов кембрия — венда. По изогипсе —2550 м ее размеры 13,5×6 км. Это, видимо, купол амплитудой более 200 м и площадью 65 км², обрезанный с востока сбросом амплитудой до 700 м (см. рис. 8, а, б).

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия находится за западным бортом диапира. Это структурный мыс, ограниченный с востока соленосными породами диапира. Размер мыса 15×4 км, амплитуда 300 м, площадь 37 км² по изогипсе —1250 м контура мыса.

Канарайская площадь расположена на южном окончании соляного диапира. В кембрийской части Троицко-Михайловского вала выявлена ловушка в нижнебельской подсвите кембрия. В отложениях венда приразломной ловушки нет, породы венда и низов кембрия наклонены в восточном направлении (см. рис. 8, г).

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия находится на западе от соляного диапира (см. рис. 8, в, г). Это структурный мыс южнее Караульнинской ловушки (см. рис. 8, в). Размеры Канарайской ловушки 15×6 км, амплитуда до 300 м, площадь 63 км². Ловушка оконтурена по изогипсе —1250 по кровле нижнебельской подсвиты.

Описанные ловушки выявлены на Троицко-Михайловском валу. Следующие ловушки находятся на Тасеевском участке вне вала.

Тасеевская площадь расположена восточнее Троицко-Михайловского вала на юго-западном окончании Богучано-Манзинского выступа (см. рис. 3). В редколесной свите венда и в нижнебельской подсвите кембрия ловушки платформенные, малоамплитудные (рис. 9).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда пологая, на западе отделена от Троицко-Михайловского вала узким прогибом глубиной до 50–100 м. Размеры ловушки по замкнутой изогипсе –4500 м по кровле редколесной свиты составляют по меридиану 95° в длину 27 км, в ширину 21 км, амплитуда до 50 м, площадь 244 км² (см. рис. 9, а, б). Ловушка оконтурена по четырем широтным сейсмическим профилям и одному меридиональному. В контуре ловушки находится пос. Тасеево. Предлагается передать ее под поисковые работы.

Ловушка в карбонатах нижнебельской подсвиты меньше по размерам, она почти вся находится внутри площади ловушки в редколесной свите. Размеры определены по изогипсе —3200 м, длина по меридиану 23 км, ширина до 9,5 км, амплитуда достигает 60—70 м, площадь 164 км² (см. рис. 9, в, г). Ловушка выявлена по трем широтным профилям и одному меридиональному.

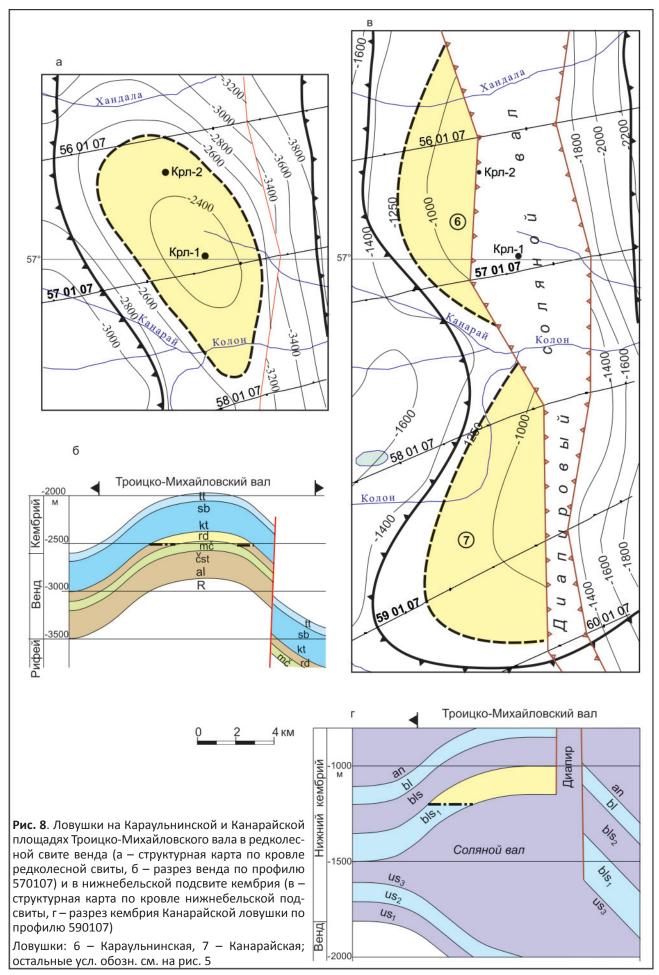
Западно-Тынысская площадь находится западнее Тынысской в Предканской зоне блоков (см. рис. 3). Для последней характерны дизъюнктивы и амплитудные складки с крутыми крыльями. Размеры блоков различаются; ОГ на сейсмических разрезах фиксируются только в крупных блоках, в которых, видимо, сохраняются основные особенности геологического строения чехла. В числе таких объектов на пяти сейсмопрофилях проявилась Западно-Тынысская брахиантиклиналь, которую удалось оконтурить как выявленную ловушку (рис. 10).

Западно-Тынысская ловушка выделена только в редколесной свите венда. Соленосно-карбонатный кембрий на этой площади находится на отметках до 1500 м, а подошва верхнебельской подсвиты — на отметках меньше 300—500 м. На этих отметках соли обычно выщелочены, покрышка у нижнебельского коллектора отсутствует. Поэтому не следует выделять перспективные ловушки в кембрийском НГК.

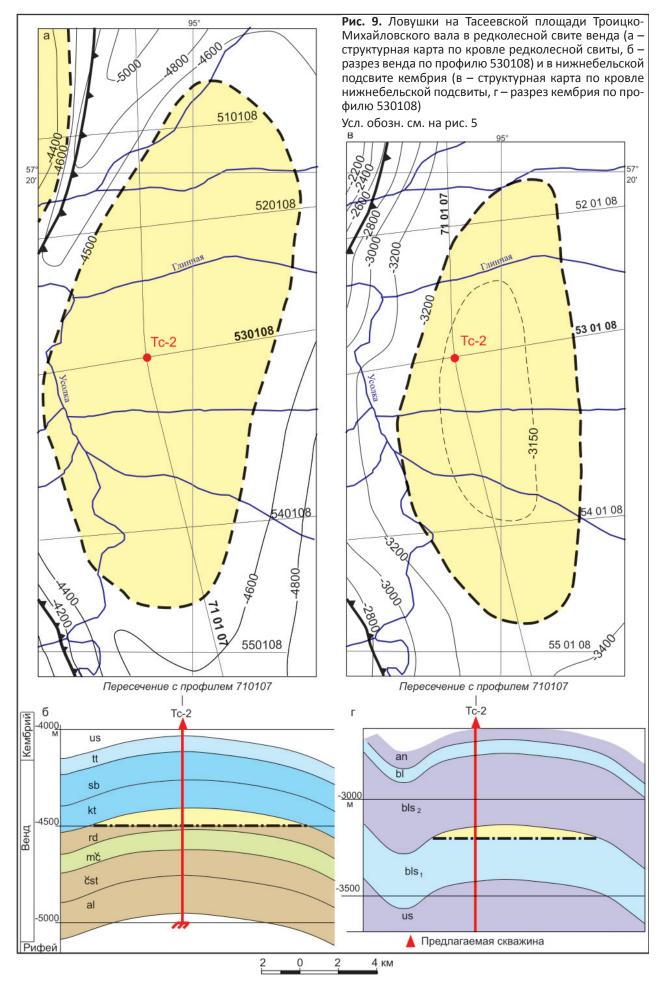
Западно-Тынысская ловушка в песчаниках редколесной свиты венда по ее кровле находится на отметках от —1800 до —2800 м. По замкнутой отметке кровли подсвиты —2500 м длина ловушки 30 км, ширина около 5 км, амплитуда 700 м. Это меридионально вытянутая брахиантиклиналь, ограниченная дизъюнктивами на западном крыле и погружением свыше 1200 м на восточном крыле (см. рис. 10, а, б). Площадь ловушки по изогипсе —2500 м составляет 128 км².

Редкое расположение сейсмопрофилей позволяет допустить наличие малоамплитудных дизъюнктивов между профилями.











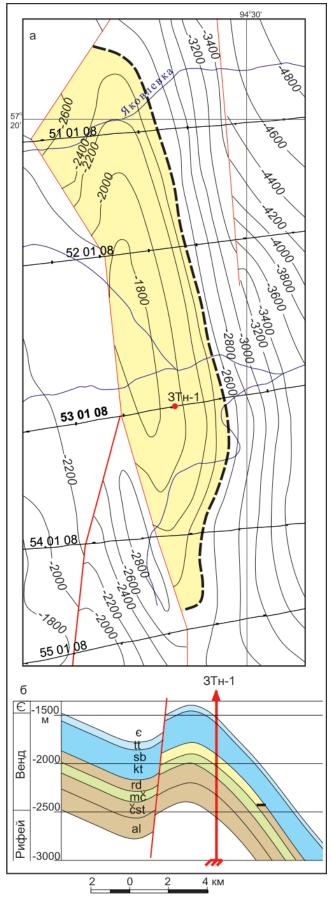


Рис. 10. Западно-Тынысская выявленная ловушка в редколесной свите венда: а — структурная карта по кровле редколесной свиты, б — разрез венда по профилю 530108 Усл. обозн. см. на рис. 5

Всего на Тасеевском участке выделено семь площадок распространения ловушек в редколесной свите венда и нижнебельской подсвите кембрия. Крупные ловушки площадью свыше 100 км² находятся в венде (три ловушки) и в кембрии (две ловушки); самая крупная в венде Тасеевская ловушка (244 км²) крупная также и в кембрии (164 км²). Она наиболее перспективна для возобновления поискового нефтегазопоискового бурения на Тасеевском участке.

Перспективы газоносности

Оценки ресурсов УВ в Присаяно-Енисейской НГО выполнены по четырем нефтегазоносным комплексам (НГК) — рифейскому, вендскому, верхневендско-нижнекембрийскому и кембрийскому. Около 80 % ресурсов УВ отнесено к вендскому НГК. Месторождений нефти и газа в области не открыто, но обнаружены газопроявления, битуминозность, пленки, выпоты нефти, асфальт в кембрийском карбонатном керне колонковых скважин (скв. 39, 41, 59) и в обнажениях пород по берегам рр. Тасеева и Усолка. Из трещиноватых известняков и доломитов нижнебельской подсвиты получен приток газа в опорной скв. Тнс-1 (дебит 11,9 тыс. м³/сут) и в колонковой скв. 16 [6].

Перспективность вендских толщ подтверждена притоками и запасами газа на Абаканском и Имбинском месторождениях, открытых северо-восточнее Тасеевского участка в Ангарской зоне складок, которая по дуге продолжает зону блоков Присаяно-Енисейской синеклизы.

Основным объектом на поиски газа на Тасеевском участке является Троицко-Михайловский вал.

В Присаяно-Енисейской синеклизе в ресурсах преобладают углеводородные газы [4]. Поэтому для Тасеевского участка дана оценка только газа. Результаты бурения в XX в. и полученная в 2008 г. волновая картина на сейсмопрофилях позволяют дать оценку локализованных ресурсов в двух возможно газоносных горизонтах – в нижнебельских карбонатах кембрийского НГК и в песчаниках редколесной свиты вендского НГК. В этих возможно газоносных горизонтах разреза чехла наиболее вероятно повсеместное распространение коллекторов, перекрытие их покрышками, наличие структурных ловушек и дизъюнктивных экранов. В разрезе, видимо, перспективны другие уровни. Так, в кембрийском НГК возможно перспективна карбонатная булайская свита. В верхневендско-нижнекембрийском НГК присутствуют и, вероятно, газоносны осинский горизонт кембрия, усть-кутский и преображенский карбонатные горизонты верхнего венда. В вендском НГК вероятно распространение газонасыщенных пластов песчаников в алешинской, чистяковской, мошаковской и редколесной свитах тасеевской серии. Мощность редколесной свиты превышает 180 м на Южно-Солнечной площади [1] и 140 м в Чунской скв. 1 (рис. 11, а).

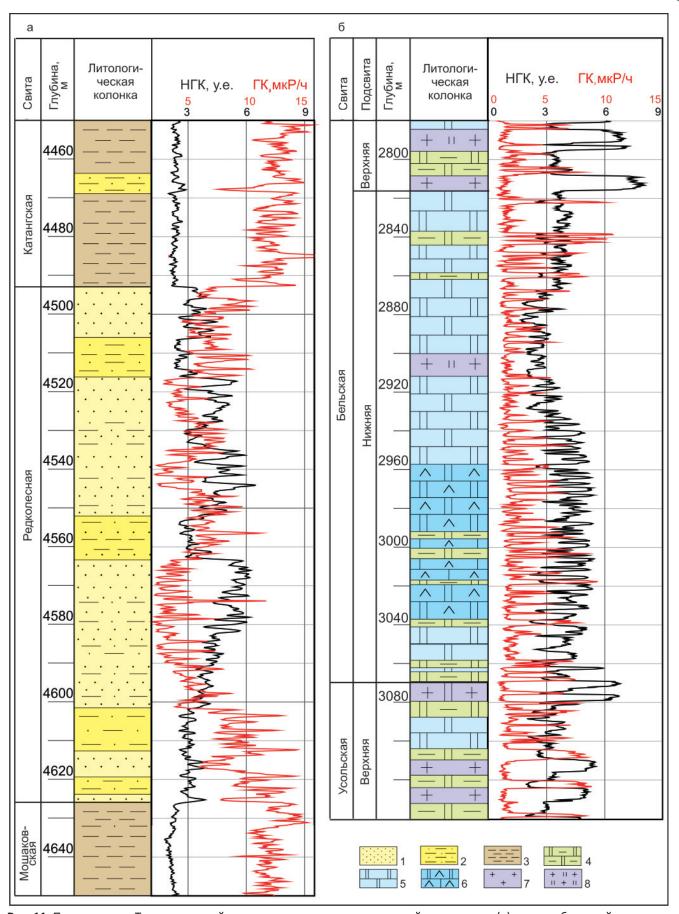


Рис. 11. Принятые для Тасеевского района типовые разрезы редколесной свиты венда (a) и нижнебельской подсвиты кембрия (б) по Чунской скв. 1

1 — песчаники; 2 — алевролиты; 3 — аргиллиты; 4 — доломиты глинистые; 5 — доломиты; 6 — доломиты (известняки) ангидритовые; 7 — галиты; 8 — доломиты засолоненные



В нижнебельской подсвите кембрия преобладает тонкое чередование слоев доломитов и сульфатных доломитов. Пачки чистых доломитов, возможных коллекторов, находятся в основании и верхней половине подсвиты (см. рис. 11, б). На участке распространены породы рифея, карбонатные толщи которого тоже перспективны. Пока нет возможности дать оценку ресурсов в перечисленных интервалах разреза, поэтому далее выполнен расчет локализованных ресурсов газа в песчаниках редколесной свиты венда и в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрия.

Вендский нефтегазоносный комплекс. Редколесный возможно газоносный резервуар

Продуктивность вендского НГК связана с редколесной, мошаковской, чистяковской и алешинской свитами тасеевской серии. На сейсмических разрезах ОГТ волновое поле вендского НГК слабо дифференцировано. Удовлетворительно проявляется ОГ М, принята его привязка к кровле терригенного венда, она совпадает с кровлей редколесной свиты. Такое строение волнового поля не позволяет построить модель распространения возможно продуктивных пластов в мошаковской, чистяковской и алешинской свитах венда. Ресурсы этих уровней нужно относить к категории \mathcal{L}_2 , и они не учтитываются при оценке локализованных ресурсов в настоящей статье.

Приведем вариант оценки локализованных ресурсов категории Д₁ только в песчаниках редколесной свиты венда на основе параметров для открытых залежей на ближайших Имбинском и Абаканском газоконденсатных месторождениях, находящихся на западе Ангарской зоны складок близ границы с северо-западной частью Присаяно-Енисейской синеклизы. Вариант оценки ресурсов газа в пределах Тасеевского участка по параметрам Имбинского и Абаканского месторождений следует рассматривать как наиболее достоверный по имеющейся геолого-геофизической информации.

Редколесный резервуар продуктивен на Имбинском месторождении. В скв. Имб-2 при испытании в колонне из этого пласта получен приток горючего газа со свободным дебитом 353,6 тыс. м³/сут, а на штуцере 6 мм – 77,8 тыс. м³/сут.

На Абаканском газовом месторождении в редколесной свите выделен продуктивный пласт, представленный песчаниками кварцевыми, кварцполевошпатовыми, тонко-мелкозернистыми, массивными, с прослоями алевролитов. По результатам ГИС общая пористость достигает 13,8 %. Коллектор классифицируется как поровый, порово-трещинный. В колонне пласт испытан в скв. Аб-1, получен приток газа дебитом 1390 тыс. м³/сут. Тип залежи пластовый.

На западе Присаяно-Енисейской синеклизы редколесный резервуар песчаников вскрыт Чунской скв. 1 (см. рис. 11). Испытания песчаников не проводились.

Таблица 1

Перспективные	лову	лики і	RF	венл	ском	НГК	(
HEDCHERINDEDIC	7100	ушки і	ט נ	эспд	CHOIN	1 11 1	١

Выявленные ловушки	ГВК ловушек (редколесная свита), м
1. Солнечная	-4850
2. Троицко-Сутягинская	-4450
3. Тынысская	-3500
4. Караульнинская	-2550
5. Тасеевская	-4500
6. Западно-Тынысская	-2500

Приведем подсчет локализованных ресурсов газа в редколесном резервуаре венда.

Коэффициент заполнения ловушек, по аналогии с Абаканским месторождением, принят равным единице, ГВК ловушек ожидается на отметках от –2500 м до –4850 м (табл. 1).

Для подсчета ресурсов газа использована формула

$$V_r = S_r H_{a\phi} m_0 \beta_r \lceil (P_{nn} a) / 0, 1 \rceil t$$

где $V_{\rm r}$ — прогнозные геологические ресурсы газа, млн м³; $S_{\rm r}$ — площадь газоносности, км²; $H_{\rm sp}$ — эффективная газонасыщенная толща, м; $m_{\rm 0}$ — коэффициент открытой пористости, доли ед.; $\beta_{\rm r}$ — коэффициент газонасыщенности пласта, доли ед.; $P_{\rm nn}$ — начальное пластовое давление залежи, МПа; a — поправка на отклонение от идеальных газов (от закона Бойля — Мариотта), в начале разработки определяется экспериментально; t — температурная поправка, доли ед.

Значения параметров m_0 , β_r взяты по аналогии с таковыми для Абаканского месторождения. Коэффициент открытой пористости на Абаканском месторождении составляет 0,10.

Пластовые давления оценены в соответствии с отметками газоводяных контактов прогнозных залежей (см. табл. 1).

Значения температурной поправки и поправки за отклонение свойств реальных газов от закона Бойля — Мариотта рассчитывались по соответствующим номограммам исходя из конкретных принимаемых t^0_{nn} и P_{nn} [2].

Средняя мощность редколесной свиты по трем Абаканским скважинам равна 28 м, эффективная газонасыщенная толщина в среднем 11,1 м (40 % от общей мощности свиты). В юго-западном направлении от Абаканского месторождения до 70 м увеличивается мощность редколесной свиты в Верхнеманзинской скв. 1. В юго-восточном направлении от Троицко-Михайловского вала пробурена Чунская скв. 1, где мощность редколесной свиты составила 134 м. Поэтому прогнозируемая мощность редколесной свиты в Тасеевском районе принята минимально равной 70 м. С учетом процентной зависимости эффективных толщин от мощности свиты сделано предположение, что эффективная мощность составит в среднем 28 м.



Таблица 2

Оценка прогнозных ресурсов газа категории $D_{1_{ROK}}$ в ловушках в вендском НГК Тасеевского района

Площадь ловушки, км²	Эффективная толщина коллектора	Коэффициент пористости	Коэффициент газонасы- щенности	Пластовое давление, МПа	Попр	Ресурсы			
					на темпера- туру, °C	на отклоне- ние	газа, млрд м ³		
Солнечная									
117	28	0,10	0,70	53,5	0,8	1,03	100		
Троицко-Сутягинская									
160	28	0,10	0,70	49,5	0,81	1,03	130		
Западно-Тынысская									
128	28	0,10	0,70	29	0,89	1,04	70		
Тынысская									
44	28	0,10	0,70	37	0,86	1,04	30		
Тасеевская									
244	28	0,10	0,70	50	0,81	1,03	200		
Караульнинская									
65	28	0,10	0,70	35	0,87	1,04	40		

Примечание. Подсчитанные ресурсы газа составляют 570 млрд м³.

Коэффициент газонасыщенности принят по аналогии с Абаканским месторождением – в пределах 0,65–0,75.

Прогнозные геологические ресурсы газа $Д_{1лок}$ в вендском НГК оценены в 570 млрд м³ (табл. 2).

Следует подчеркнуть, что наличие благоприятных факторов (литологическая выдержанность, значительная мощность, структурный тип ловушек, удовлетворительные ФЕС, наличие зональных покрышек в верхнем венде и регионального (усольского) флюидоупора в подошве кембрия делают редколесный зональный резервуар одним из наиболее перспективных объектов на предмет обнаружения залежей газа в рассматриваемом Тасеевском участке Присаяно-Енисейской синеклизы. Осложняющий фактор — большие отметки ГВК у трех основных ловушек (см. табл. 1).

Кембрийский нефтегазоносный комплекс. Нижнебельский возможно газоносный резервуар

В кембрийском НГК продуктивные горизонты находятся в межсолевых карбонатных частях разреза нижнего кембрия. При подсчете ресурсов УВ наибольшее внимание уделяется христофоровскому и атовскому горизонтам, расположенным в основании и кровле нижнебельской подсвиты. Они включают газовые и газоконденсатные залежи, приуроченные к зонам перетоков УВ из нижележащих отложений.

По данным Г. Д. Назимкова, на сопредельных территориях (Нижнеангарский СНГР) на Берямбинской площади в скв. 1 из нижней части нижнебельской подсвиты при испытании в эксплуатационной колонне получен приток газа с газоконденсатом дебитом 657 тыс. м³/сут на шайбе 20 мм. Дебит дегазированного конденсата составил 39,4 м³/сут. Породы коллекторы представлены переслаиванием известняков и доломитов, часто ангидритизиро-

ванных и засолоненных. По данным лабораторных исследований открытая пористость в среднем варьирует от 0,07 до 6,32 %, достигая 23,95—26,20 %, газопроницаемость в большинстве случаев менее 0,01 мД, редко 66,2 мД.

В результате подъема кембрийских пород к краям диапира сформировались тектонически экранированные ловушки с наклонным моноклинальным залеганием карбонатов нижнебельской подсвиты и вышележащих толщ кембрия. В карбонатных толщах образовались ловушки, экранированные соленосными породами диапира (верхнебельская подсвита, ангарская свиты). В нижнебельской подсвите на Тасеевском участке выявлены Солнечная, Троицко-Сутягинская, Тынысская, Караульнинская и Канарайская ловушки. Они разорваны и ограничены соленосными толщами диапира. Амплитуды ловушек составляют 500—600 м. Запечатаны они солями диапира, что позволяет ожидать сохранность залежей газа.

Восточнее за пределами вала выявлена Тасеевская структурная ловушка. Она оконтурена по изогипсе —3200 м по кровле нижнебельской подсвиты. Амплитуда ловушки около 100 м, площадь до 164 км².

По аналогии с Берямбинским месторождением во всех ловушках предполагаются трещино-поровые слабопроницаемые коллекторы, что подтверждается полученным небольшим дебитом газа в Тынысской скважине. Таким образом, в нижнебельской подсвите вала можно прогнозировать газонасыщенные горизонты с коллекторами порово-кавернового и трещинно-кавернового типов.

При подсчете ресурсов газа значения эффективной толщины коллектора, коэффициенты пористости и газонасыщенности были взяты по аналогии с Берямбинским месторождением (табл. 3).



Таблица 3

Оценка прогнозных ресурсов газа категории $D_{1_{700}K}$ на Тасеевском участке в кембрийском НГК

Пасшаль	Эффектив-	Коэффици-	Коэффици- ент газона-	Пластовое давление,	Попр	Pacynchi			
Площадь ло- вушки, км²	ная толщина	ент пористо-			на темпера-	на отклоне-	− Ресурсы газа, млрд м³		
	коллектора	сти	сыщенности	МПа	туру, °С	ние	таза, млрд м		
Солнечная									
59	58	0,028	0,9	23	0,927	1,03	20		
Троицко-Сутягинская									
106	58	0,028	0,9	23	0,940	1,03	30		
Тынысская									
66	58	0,028	0,9	20	0,954	1,03	20		
Тасеевская									
164	58	0,028	0,9	39	0,873	1,02	90		
Караульнинская									
37	58	0,028	0,9	20	0,954	1,03	10		
Канарайская									
63	58	0,028	0,9	20	0,954	1,03	20		

Примечание. Подсчитанные ресурсы газа категории D_{1 лок в ловушках нижнебельской подсвиты Тасеевского участка составили 190 млрд M^3 .

На Берямбинском месторождении при мощности нижнебельской подсвиты 400 м эффективная толщина коллектора составила 76,7 м. Соответственно, на Тасеевском участке при средней мощности нижнебельской подсвиты 300 м эффективная толщина коллектора принята равной 58 м. Судя по рис. 11, коллектор находится в верхней части нижнебельской подсвиты.

Ресурсы газа по двум горизонтам оценены в 760 млрд м³. Такая оценка позволяет начать новый цикл геолого-разведочных работ на Тасеевском участке Присаяно-Енисейской нефтегазоносной области. На участке есть сеть дорог, поселков, районный центр — необходимая инфраструктура для проведения поисковых геологических и геофизических работ.

Выводы

В предыдущих разделах охарактеризованы выявленные ловушки газа по результатам бурения и, главное, сейсморазведочных работ.

Приведенная характеристика позволяет выделить на Тасеевском участке два наиболее перспективных объекта – Восточно-Тынысскую (Тасеевскую) брахиантиклиналь и Западно-Тынысскую дизъюнктивно ограниченную с запада брахиантиклиналь (см. рис. 3, 4).

Наибольшая плотность ресурсов (80 млрд м³) прогнозируется на Тасеевской брахиантиклинали. Этот объект является первоочередным для возобновления поисковых геолого-разведочных работ. Площадь структурной ловушки 244 км². Возможно ее продолжение в северо-северо-восточном направлении, но сейсмических данных нет. Несколько настораживает глубина нахождения редколесного возможно газоносного горизонта — 4700 м (с учетом рельефа).

Второй перспективный объект — Западно-Тынысский, где в редколесной свите выявлена струк-

турная с дизъюнктивным ограничением Западно-Тынысская ловушка. В последней возможный ГВК в редколесной свите прогнозируется на глубине 2800 м, а в наиболее приподнятой центральной части ловушки глубина кровли свиты уменьшается до 2000 м. Но есть непредсказуемый фактор — синклиналь с дизъюнктивом, ограничивающая ловушку с запада.

Следует проанализировать обе ловушки (Западно-Тынысскую и Тасеевскую) на возможность уточнения места заложения параметрических скважин для уверенного выставления их на аукцион. Основная задача параметрических скважин — определить размещение возможно продуктивных карбонатных и песчаниковых пачек, пластов в кембрийском, верхневендско-нижнекембрийском и вендском НГК. Распространение песчаников на участке прогнозируется по волновой картине на широтных профилях ОГТ.

Основные задачи ГРР на объектах следующие:

- определить эффективные толщины выявленных песчаников для оценки ресурсов газа в газоносных комплексах;
- установить распределение по вендскому, верхневендско-нижнекембрийскому и кембрийскому НГК флюидов (нефти, газа) для оценки запасов УВ;
- уточнить геологическую модель Троицко-Михайловского вала в вендском НГК и диапирового осложнения вала в кембрийском НГК, подготовить ловушки углеводородов к поисковым работам;
- открыть залежи углеводородов в Присаяно-Енисейской НГО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабинцев А. Ф.** Редколесная свита нижнеангарского фациального района как перспективный на нефть и газ объект изучения // Геология и минераль-



ные ресурсы Центральной Сибири. Вып. 3. – Красноярск: КНИИГиМС, 2002. – С. 160–178.

- 2. **Мелик-Пашаев В. С.** Методика разведки нефтяных месторождений. М.: Недра, 1968. 183 с.
- 3. **Мельников Н. В., Ефимов А. С., Беспечный В. Н.** Троицко-Михайловский соляной диапировый вал в кембрийской толще на западе Присаяно-Енисейской синеклизы // Геология и минеральносырьевые ресурсы Сибири Новосибирск. 2016. № 1(25). С. 26—35.
- 4. **Нефтематеринские** формации, нефти и газы докембрия и нижнего среднего кембрия Сибирской платформы / Т. К. Баженова, М. В. Дахнова, Т. П. Жеглова и др. М.: ВНИГНИ, 2014. 128 с.
- 5. **Сулимов И. Н.** Присаяно-Енисейский догерцинский краевой прогиб. – Л.: Недра, 1970. – 248 с.
- 6. Фукс Б. А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности западной части Канско-Тасеевской впадины // Геология и нефтегазоносность Восточной Сибири. М.: Недра, 1966. С. 77—91.

REFERENCES

1. Babintsev A.F. [The Redkolesnaya Formation of the Lower Angara facies region as a research target promising for oil and gas]. *Geologiya i mineral'nye*

- resursy Tsentral'noy Sibiri [Geology and mineral resources of Central Siberia]. KNIIGiMS, 2002, issue 3, pp. 160–178. (In Russ.).
- 2. Melik-Pashaev V.S. *Metodika razvedki nefty-anykh mestorozhdeniy* [Methods of oil fields exploration]. Moscow, Nedra Publ., 1968. 183 p. (In Russ.).
- 3. Melnikov N.V., Efimov A.S., Bespechnyy V.N. [The Cambrian Troitsko-Mikhaylovsky salt diapir in the west of the Cis-Sayan-Yenisei syneclise]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri Geology and Mineral Resources of Siberia*, Novosibirsk, 2016, no. 1 (25), pp. 26–35. (In Russ.).
- 4. Bazhenova T.K. Dakhnova M.V., Zheglova T.P., et al. *Neftematerinskie formatsii, nefti i gazy dokembriya i nizhnego-srednego kembriya Sibirskoy platform* [Oil generation formations, oil and gas of the Precambrian and Lower-Middle Cambrian of the Siberian Platform]. Moscow, VNIGNI Publ., 2014. 128 p. (In Russ.).
- 5. Sulimov I.N. *Prisayano-Eniseyskiy dogertsinskiy kraevoy progib* [The pre-Hercynian Cis-Sayan-Yenisei foredeep]. Leningrad, Nedra Publ., 1970. 248 p. (In Russ.).
- 6. Fuks B.A. [Geological structure and petroleum potential of the western Kansko-Taseevskaya depression]. *Geologiya i neftegazonosnost' Vostochnoy Sibiri* [Geology and petroleum potential of Eastern Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1966, pp. 77–91. (In Russ.).

© Н. В. Мельников, А. С. Ефимов, Ю. А. Филипцов, Е. В. Смирнов, В. Н. Беспечный, Л. В. Медюхина, Е. Г. Наумова, 2017