

УДК 550.834.05+553.048

ПРИСАЯНО-ЕНИСЕЙСКАЯ ПЕРСПЕКТИВНАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНАЯ ОБЛАСТЬ И ЕЕ РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

И.А. Губин¹, А.Э. Конторович¹, Л.М. Бурштейн^{1,2}, Л.Н. Константинова¹,
Е.Н. Кузнецова¹, С.А. Моисеев^{1,2}, П.И. Сафонов^{1,2}

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

²Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 1, Россия

Выполнен анализ результатов современных региональных сейсморазведочных работ и глубокого бурения в Присаяно-Енисейской перспективной нефтегазоносной области и на прилегающих территориях Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Построены структурные карты по опорным отражающим горизонтам рифея, венда и нижнего кембрия, а также карты толщин рифейского и венского терригенного сейсмогеологических комплексов. Построена тектоническая карта венде-палеозойского структурного яруса Присаяно-Енисейской синеклизы. Выполнено нефтегазогеологическое районирование Присаяно-Енисейской перспективной нефтегазоносной области, выделено восемь перспективных нефтегазоносных районов и выполнена количественная оценка перспектив нефтегазоносности. Начальные суммарные геологические ресурсы углеводородов Присаяно-Енисейской перспективной нефтегазоносной области оценены в 3 млрд 231 млн т УУВ, в том числе газа в 3 трлн 39 млрд м³ и конденсата в 192.7 млн т. Показано, что за 15—20 лет в Присаяно-Енисейской перспективной нефтегазоносной области могут быть подготовлены значительные запасы газа — до 1 трлн м³. Предложено рассматривать в качестве будущего центра газохимии и переработки газа пос. Богучаны.

Рифей, венд, кембрий, ресурсы углеводородов, Лено-Тунгусская нефтегазоносная провинция, Присаяно-Енисейская перспективная нефтегазоносная область

SAYAN-YENISEI POTENTIAL PETROLEUM AREA AND ITS RESOURCE POTENTIAL

I.A. Gubin, A.E. Kontorovich, L.M. Burshtein, L.N. Konstatinova,
E.N. Kuznetsova, S.A. Moiseev, P.I. Safonov

This study presents the results of recent regional seismic exploration and deep drilling efforts in the Sayan-Yenisei syneclyse and adjacent areas of the Lena-Tunguska petroleum province. These results were used to build a series of structure maps for Riphean, Vendian and Lower Cambrian reflectors; thickness maps of the Riphean and Vendian terrigenous geoseismic sequences within the syneclyse, and a tectonic map of the Vendian-Paleozoic structural stage of the Sayan-Yenisei syneclyse. The proposed oil and gas geological zoning of the Sayan-Yenisei potential petroleum area enabled us to identify eight potential petroleum regions and perform a quantitative assessment of the hydrocarbon potential. The original in-place resources of the Sayan-Yenisei potential petroleum area are estimated to be 3 billion 231 million tons of hydrocarbon equivalent, including 3 trillion 39 billion m³ of gas and 192.7 million tons of condensate. It is shown that over next 15–20 years, up to 1 trillion m³ gas reserves can be explored in the Sayan-Yenisei potential petroleum area. It is proposed to consider the Boguchany village as a large gas conversion and helium production center.

Riphean, Vendian, Cambrian, hydrocarbon resources, Lena-Tunguska petroleum province, Sayan-Yenisei potential petroleum province

ВВЕДЕНИЕ

Присаяно-Енисейская нефтегазоносная область (НГО) впервые была выделена в 1969 г. И.П. Карабасевым, М.М. Мандельбаумом, В.В. Самсоновым и др. на территории одноименной синеклизы [Карабасев и др., 1969]. В современных границах площадь этой области составляет 141 тыс. км². Наиболее полно первоначальные представления о ее строении описаны в работах [Трофимук, 1960; Самсонов, 1975; Конторович и др., 1976; Геология..., 1981]. Поскольку в пределах области пока нет открытых залежей нефти или газа, учтенных в Государственном балансе запасов, правильней называть ее Присаяно-Енисейская перспективная нефтегазоносная область (ПНГО).

Геолого-геофизическая изученность Присаяно-Енисейской синеклизы низкая (рис. 1). Современные региональные сейсморазведочные работы в ней проводились на северо-западе в районе Приенисейской зоны линейных дислокаций и Троицко-Михайловского вала (2006—2008 гг.), на севере в пределах Богу-

чано-Манзинского выступа (2004—2006 гг.), в Катской впадине (2007—2008 гг.), в Мурско-Чунской впадине (2006—2008 гг.), а также в ограниченных объемах в центральной части синеклизы (2011—2013 гг.), где выполнено 10 региональных профилей общей длиной около 2.5 тыс. км. Кроме того, синеклизы пересекают два региональных опорных профиля — пос. Карабула—Восточный Саян и Богучано-Манзинский выступ—р. Ангара, выполненных в 2005—2010 гг. На территории Присаяно-Енисейской ПНГО пробурено 27 параметрических и поисковых скважин, что обеспечило плотность бурения 0.55 м/км².

Промышленная нефтегазоносность Присаяно-Енисейской ПНГО, как было отмечено выше, не доказана. Ближайшие месторождения газа открыты в Нижнеангарском самостоятельном нефтегазоносном районе (СНГР) и Ангаро-Ленской НГО. Этаж доказанной нефтегазоносности в них охватывает терригенный и карбонатный комплексы венда, нижний и частично средний галогенно-карбонатные комплексы кембрия.

Платформенный чехол Присаяно-Енисейской синеклизы с угловым несогласием залегает на отложениях фундамента и сформирован рифейскими, вендинскими, кембрийскими осадочными образованиями (рис. 2), а также отложениями ордовика, перми, карбона, триаса, юры, неогена. Мезозойские и кайнозойские отложения имеют относительно небольшое распространение и толщину до 100—120 м. На юго-западе Присаяно-Енисейская синеклиза ограничена Енисейским тектоническим поясом по Саянскому разлому, одновременно служащему границей Сибирской платформы.

Построенная по новейшим данным структурная карта по поверхности фундамента Присаяно-Енисейской синеклизы приведена на рис. 3. В Присаяно-Енисейской синеклизе обособляются две обширные депрессии — на юго-западе и северо-востоке. Толщина осадочного чехла на территории этих структур превышает 12 и 14 км соответственно.

Нефтегазогенерационный потенциал области связан с рифейским комплексом протерозоя [Дробот и др., 1974; Геология..., 1981; Ларичев, 1981; Конторович и др., 1999; Филиппов, Старосельцев,

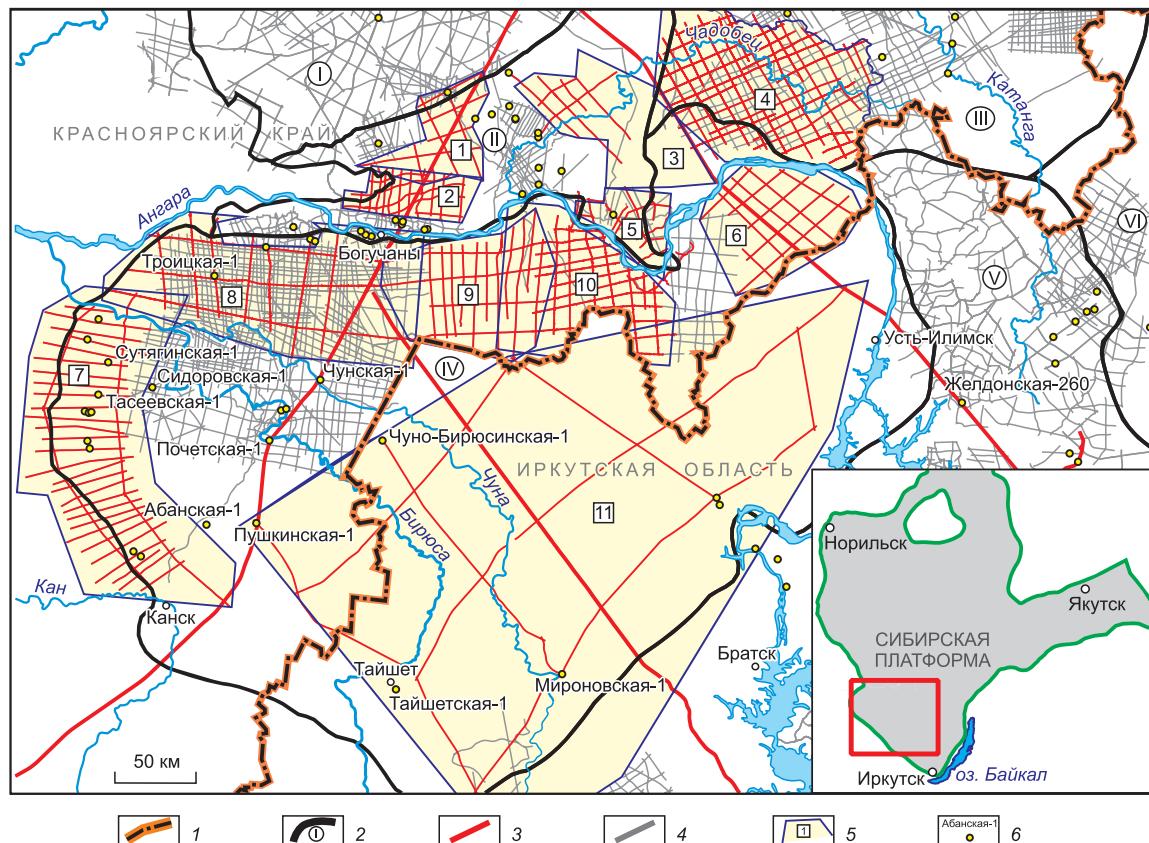


Рис. 1. Схема геологого-геофизической изученности Присаяно-Енисейской ПНГО.

1 — административная граница; 2 — контуры нефтегазоносных областей и районов (I — Байкитская, II — Нижнеангарский СНГР, III — Ванаварский СНГР, IV — Присаяно-Енисейская ПНГО, V — Ангаро-Ленская, VI — Непско-Ботуобинская); профили МОГТ: 3 — отработанные в рамках проектов региональных ГРР, 4 — остальные, отработанные с 2000 г.; 5 — проекты региональных ГРР (1 — Нижнемадашенский, 2 — Мунтульский, 3 — Чадобецкий, 4 — Кежемская зона поднятий, 5 — Берябинский, 6 — северо-восток Кежемской впадины, 7 — Приенисейская зона дислокаций и Троицко-Михайловский вал, 8 — Богучано-Манзинский выступ, 9 — зона сочленения Богучано-Манзинского выступа и Мурской впадины, 10 — северный борт Мурской впадины, 11 — Присаяно-Енисейская синеклиза); 6 — поисковые и параметрические скважины.

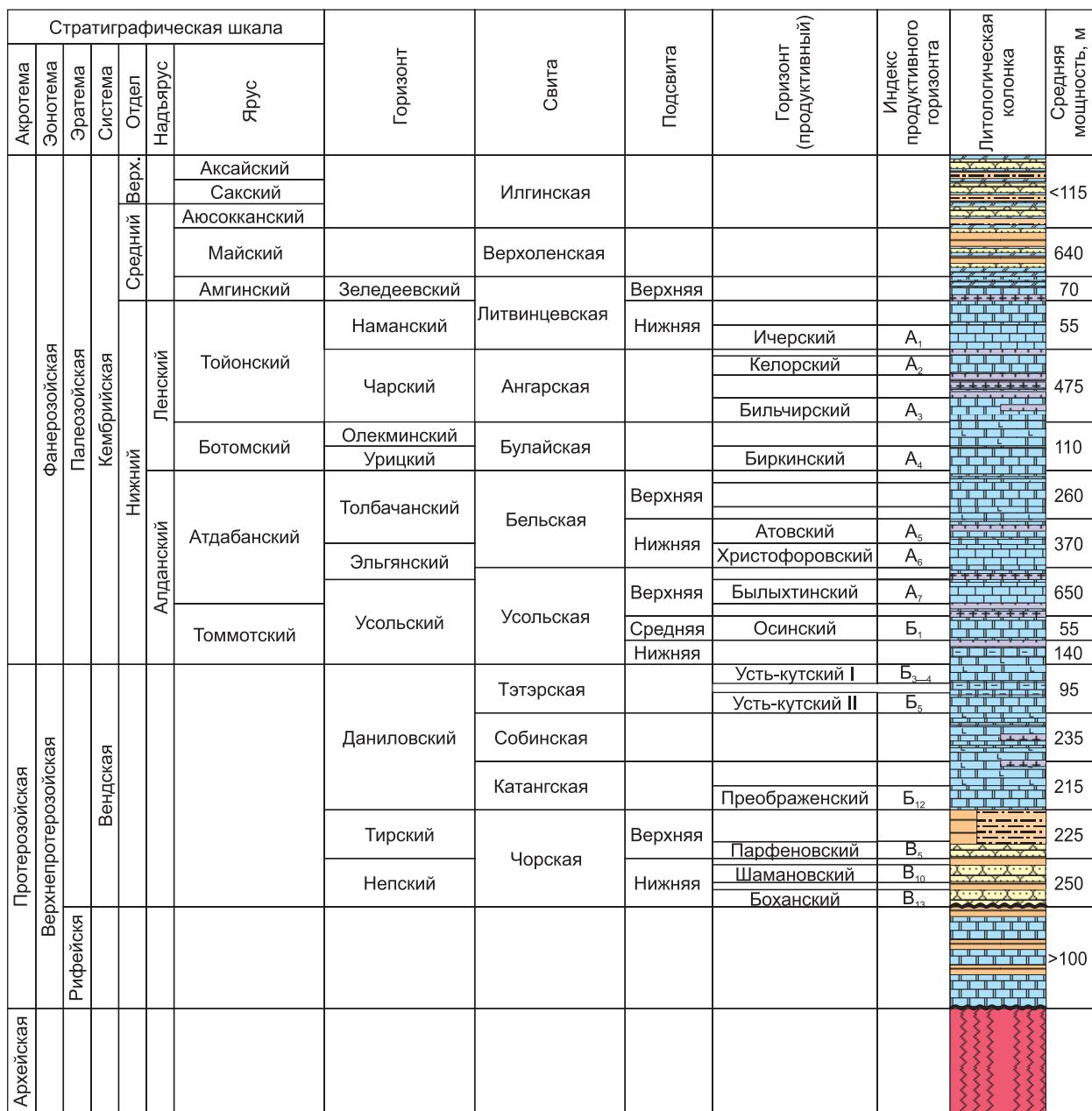


Рис. 2. Сводный литолого-стратиграфический разрез центральной и юго-восточной частей Присаяно-Енисейской ПНГО

1 — песчаник, 2 — алевролит, 3 — аргиллит, 4 — мергель доломитовый, 5 — доломит глинистый, 6 — доломит, 7 — доломит ангилитовый, 8 — известняк, 9 — соль (галит), 10 — породы фундамента.

2009]. Предполагаемый этаж нефтегазоносности Присаяно-Енисейской ПНГО включает верхнепротерозойские (рифей, венд) и нижнекембрийские отложения.

СТРАТИГРАФИЯ

Представления о геологическом строении центральной и северной частей Присаяно-Енисейской ПНГО основаны на данных геолого-съемочного бурения немногочисленных глубоких скважин и стратиграфической интерпретации сейсморазведки 2D.

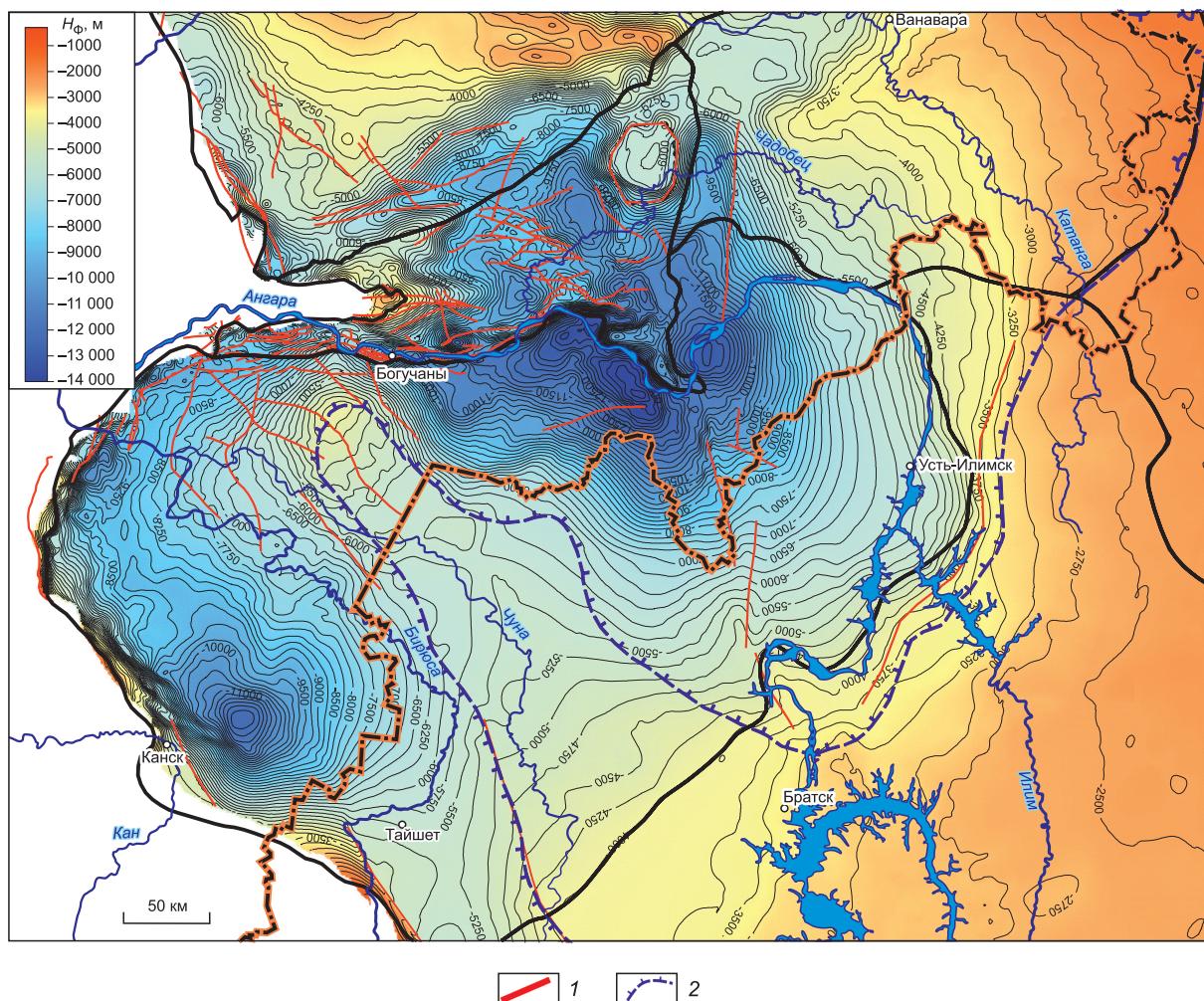


Рис. 3. Структурная карта по отражающему горизонту Φ (поверхность фундамента).

1 — разломы, 2 — область развития рифейских отложений. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

Строение осадочного чехла Присаяно-Енисейской синеклизы представлено на разрезе по опорному профилю пос. Карабула—Восточный Саян (рис. 4). Осадочный чехол насыщен отражающими горизонтами с наличием ярко выраженных регулярных волн. Стратификация отражающих горизонтов и их увязка с геологическим разрезом выполнялась предыдущими исследователями (В.И. Вальчак, Л.Н. Глущкова, Н.А. Горюнов, А.А. Дека, А.А. Евграфов и др.). Ближайшие к профилю скважины, в которых выполнены сейсмокаротажные исследования, — параметрические Фединская-1, Имбинская-180, Абаканская-1 и поисково-оценочная Чунская-1. Первая скважина на забое вскрыла усольскую свиту на отметке 3040 м. Ее разрез аппроксимируется двухслойной скоростной моделью: верхний слой (ордовикские отложения) обладает скоростью продольных сейсмических волн 3260 м/с, нижний (кембрийские отложения) — 4316 м/с. Вторая скважина пробурена на Имбинском поднятии, территориально она находится в пределах Ангарской зоны складок и на забое вскрыла рифейские отложения. Здесь отложения кембрия характеризуются скоростями порядка 5000 м/с, рифея — до 6500 м/с.

Архейские образования выходят на дневную поверхность в районе Южно-Енисейского кряжа. Породы фундамента в пределах Присаяно-Енисейской синеклизы вскрыты поисково-оценочной скв. Чунская-1 в интервале 5300—5355 м. За пределами синеклизы на востоке фундамент вскрыт в скважинах Ялыкская-262 (гл. 3090 м), Верхнечиторминская-1 (гл. 3107 м), Верхнекатангская-3, -4, -160 (на глубинах соответственно 2950, 2929 и 3132 м), Хушманская-1, -2, -3 (на глубинах соответственно 2784, 2869, 2849 м). Образования фундамента представлены гранитами, гнейсами, гранитогнейсами и метаморфическими породами.

Рифей. Рифейские образования выходят на поверхность на Енисейском кряже. Комплекс рифейских образований на Енисейском кряже разделен на сухопитскую, тунгусскую и осянскую серии общей мощностью 10—12 км, а серии, в свою очередь, на ряд свит [Шен菲尔, 1991].

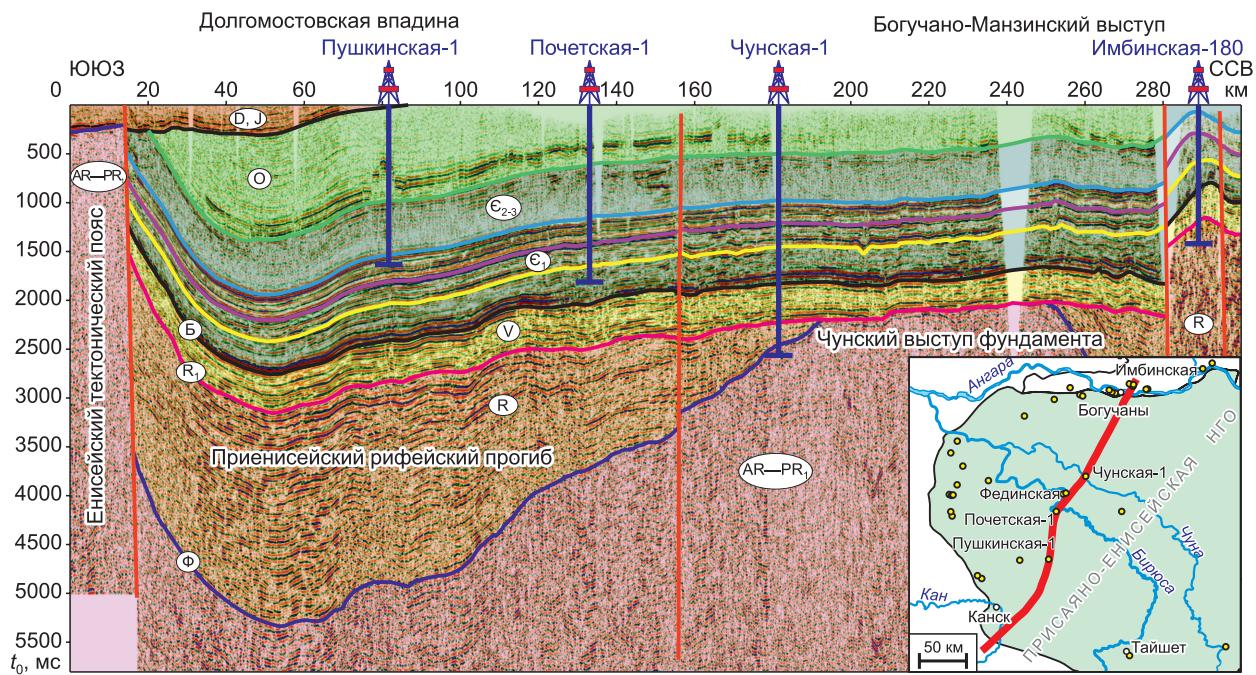


Рис. 4. Фрагмент временного сейсмогеологического разреза по опорному профилю «пос. Карабула—Восточный Саян».

Геолого-разведочные работы по оценке перспектив нефтегазоносности рифея, проведенные на юго-западе Сибирской платформы, главным образом на территории Байкитской гемиантеклизы, позволили разделить рифейский комплекс внутренних районов этой части платформы на свиты, дать им местные наименования и сопоставить со свитами Енисейского кряжа [Стратиграфия..., 2005; Гутина, 2007; Филиппцов, 2011; Краевский и др., 2018].

Граница раздела рифейского структурного этажа и вышележащих отложений соответствует отражающему горизонту R_0 . Однозначно вопрос о природе этого отражения решается только при несогласном залегании венд-кембрийских отложений на рифе. В районе Чунского выступа отражающий горизонт R_0 совпадает с горизонтом Φ (кровля фундамента). Здесь отложения венда залегают непосредственно на архей-протерозойском фундаменте (см. рис. 4). Корреляция внутририфейских отражающих горизонтов затруднена, поскольку в пределах исследуемого района вскрыты только нерасчлененные отложения рифея мощностью 24 м в скв. Чунская-1. В центральной части Приенисейского прогиба прогнозируется полный разрез рифейских образований, аналогичных возрасту сухопитской, тунгусикской и осянской серий Енисейского кряжа. По геоэлектрическим свойствам рифейский комплекс обычно высокоомный — сотни Ом·м. Известны проводящие отложения рифея — графитизированные сланцы удерейской свиты, углистые и графитизированные сланцы шунтарской свиты, а также отложения красногорской и нижнеангарской свит, включающие железоуроженение.

Область максимальных толщин рифея (до 7500 м) располагается под современной зоной Ангарских складок, которая является фанерозойским структурным образованием и в рифе отсутствовала, и северной частью Присаяно-Енисейской синеклизы вдоль ее южной и восточной границ с зоной Ангарских складок. Вторая область повышенных, но существенно меньших толщин рифея до 5500 м развита вдоль северо-западной и западной границ Присаяно-Енисейской синеклизы, пространственно совпадая с южной частью Приенисейского рифейского прогиба (рис. 5).

С юго-востока на северо-запад синеклизу рассекает Чунский выступ фундамента, на котором рифейские образования отсутствуют. Накапливались ли они на выступе в относительно небольших толщинах и были уничтожены предвенским размывом или не накапливались, без специальных исследований и глубокого бурения выяснить невозможно.

От зон максимальных толщин рифея к Чунскому выступу и восточным границам Присаяно-Енисейской синеклизы толщина рифейских образований монотонно сокращается до полного их исчезновения на Ангаро-Ленской ступени.

Информация об области развития рифея, его мощностях и истории погружения является крайне важной для оценки перспектив нефтегазоносности Присаяно-Енисейской ПНГО, поскольку других ис-

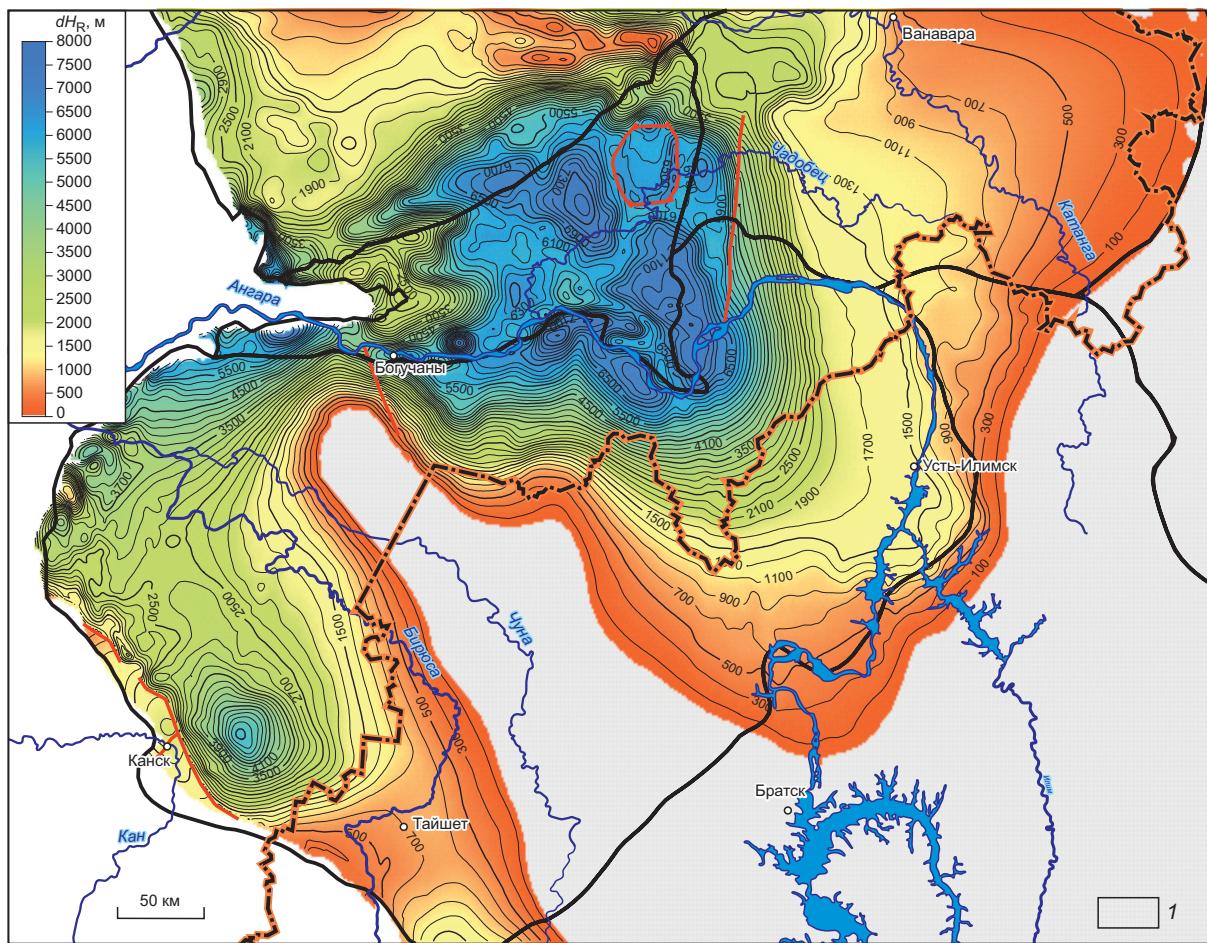


Рис. 5. Карта толщин рифея.

1 — область отсутствия рифейских отложений.

точников генерации углеводородов в разрезе этой области нет [Конторович и др., 1999; Филиппов, Стасосельцев, 2009].

Венд. В соответствии со стратиграфической схемой 1989 г. [Решения..., 1989] и монографией специалистов ИНГГ СО РАН и СНИИГГиМС [Стратиграфия..., 2005], вендский комплекс на большей части территории Присаяно-Енисейской ПНГО входит в Ковинскую фациальную зону, для которой в качестве типового был принят разрез, вскрытый скв. Ковинская-1, пробуренной на юго-востоке синеклизы в Иркутской области. Соответственно, в вендском комплексе были выделены свиты, которые ранее уже были приняты для прилегающей территории Иркутской области (чорская, катангская, собинская, тэтэрская). В Красноярском крае аналогом чорской свиты является тасеевская серия в составе алешинской (ванаварской), чистяковской (оскобинской) и мошаковской свит [Стратиграфия..., 2005; Мельников, 2009].

Чорская свита сложена перемежающимися слоями песчаников, алевролитов, аргиллитов. В составе свиты установлено несколько пластов песчаников с хорошими коллекторскими свойствами. Толщина свиты в скв. Ковинская-1 составляет 552 м. В зоне сочленения с Нижнеангарским СНГР мощность терригенных отложений венда (тасеевская серия) в скв. Берямбинская-2, расположенной на западном склоне Берямбинского поднятия, достигает 788 м.

Для терригенной части венского комплекса характерны пониженные значения пластовых скоростей. В скважине Берямбинская-2, вскрывшей наиболее полный разрез венда, интервальная скорость от поверхности мошаковской свиты (3216 м) до глубины 3981 м (алеинская свита, окончание сейсмокаротажных исследований) составляет 4930 м/с.

Карта толщин терригенного комплекса венда, построенная по результатам комплексной интерпретации новейших данных сейсморазведки, включая данные, полученные на Карабульском, Троицком, Верхнеманзинском, Чунском и Бирюсинском лицензионных участках, и глубокого бурения, приведена

на рис. 6. Терригенный комплекс венда плащеобразно перекрывает всю территорию Присаяно-Енисейской синеклизы. Его толщина меняется от 300 до 1500 м и более. Зоны увеличенных толщин (более 700—800 м) локализованы вдоль северного и западного склонов Присаяно-Енисейской синеклизы. Они смещены на юг относительно зон увеличенных толщин рифея. Внутренней зоне синеклизы над Чунским выступом фундамента, где рифей отсутствует, отвечает полоса пониженных толщин терригенного венда. К востоку и юго-востоку от области повышенных толщин терригенного венда к границам Присаяно-Енисейской синеклизы его толщина монотонно снижается.

Катангская и собинская свиты имеют близкий литологический состав, однако катангская свита содержит больше глинистого материала в глинисто-карбонатных породах, чем собинская, что четко проявляется на каротажных диаграммах. Свиты представлены чередованием разной толщины пластов ангидритов, ангидритовых доломитов, доломитов, глинистых доломитов и аргиллитов. Суммарная толщина свит составляет от 400 до 500 м. В восточной части Присаяно-Енисейской ПНГО в основании катангской свиты развит преображенский пласт. Его мощность составляет от 18 до 25 м. Пласт сложен преимущественно доломитами с подчиненной по толщине ролью аргиллитов, мергелей, ангидритов и ангидритодоломитов. Интервальная скорость в этой части разреза оценивается в 5360 м/с.

Перекрыты отложения собинской свиты карбонатными породами тэтэрской свиты. В составе тэтэрской свиты в пределах Непско-Ботуобинской НГО выделен усть-кутский нефтегазоносный горизонт, разделенный глинистой перемычкой на две части толщиной от 8 до 15 м. Мощность свиты на территории синеклизы составляет 70—95 м.

На западном борту Присаяно-Енисейской синеклизы развиты преимущественно терригенные отложения, относящиеся к даниловскому горизонту (катангская, собинская, тэтэрская свиты). Здесь суммарные толщины терригенного комплекса венда достигают 900 м и более (см. рис. 6).

Кембрий. Кембрийская система представлена в Присаяно-Енисейской ПНГО всеми отделами. Суммарная толщина отложений кембрия составляет от 2500 до 3000 м. Наибольшую толщину (до 2000 м) имеют отложения нижнего отдела.

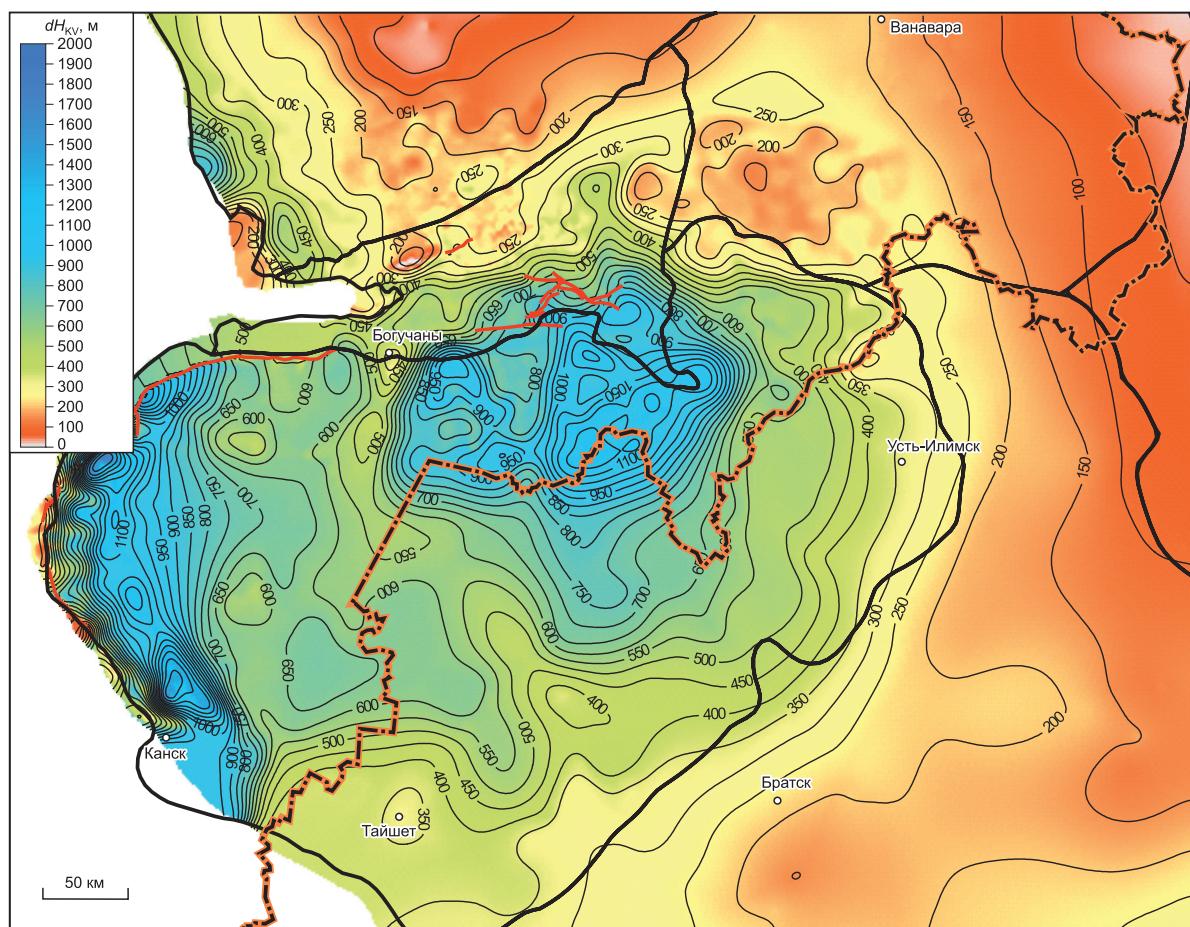


Рис. 6. Карта толщин терригенного комплекса венда.

Усл. обозн. см. на рис. 1, 3.

В разрезе нижнего кембрия выделены усольский, эльянский, толбачанский, урицкий, олекминский, чарский и наманский горизонты.

Усольскому и частично эльянскому горизонту соответствует усольская свита, которая в Ковинской фациальной зоне разделена на три подсвиты — нижнюю, среднюю и верхнюю [Мельников, 2009].

Нижнеусольская подсвита представлена переслаиванием доломитов, глинистых доломитов, известняков, ангидритовых доломитов и галита. Доломиты ангидритизированные, засоленные (галит), глинистые. Известняки засоленные, водорослевые. Толщина подсвиты до 170 м.

Выше залегает преимущественно карбонатная среднеусольская подсвита, которую выделяют в Непско-Ботубинской и Ангаро-Ленской НГО как осинский нефтегазоносный горизонт. Он представлен преимущественно известняками и доломитами с подчиненными прослойками глинистых доломитов, мергелей, аргиллитов, ангидритов и ангидритодоломитов. Толщина горизонта на территории синеклизы от 45 до 75 м. Горизонт перекрыт мощными карбонатно-галогенными отложениями, среди которых карбонатные породы имеют резко подчиненное значение, составляя около 20 % толщины разреза.

Верхнеусольская подсвита представлена переслаиванием мощных пластов каменной соли, известняков, доломитов, ангидритов, мергелей и аргиллитов. Межсолевые слои представлены доломитами, реже известняками, мелкозернистыми, засоленными, ангидритизированными, глинистыми, мергелями, ангидритами и аргиллитами. Мощность подсвиты до 730 м. В верхней части верхнеусольской подсвиты выделен балыхтинский нефтегазоносный горизонт толщиной от 5 до 30 м.

Интервальная скорость сейсмических волн в нижнем кембрии, по данным сейсмокаротажа, составляет около 5250 м/с.

Отложения усольской свиты перекрыты породами бельской. Свита разделена на две подсвиты. Нижняя подсвита сложена известняками, доломитами, ангидритодоломитами, мощность ее 300—510 м. Верхняя подсвита мощностью 200—360 м образована чередованием пластов каменной соли и доломитов.

В нижней подсвите бельской свиты на территории Ангаро-Ленской НГО выделены два нефтегазоносных горизонта: в нижней ее части христофоровский (толщина 50—70 м), а в верхней — атовский (толщина 65—70 м).

В низах кембрия на отдельных участках Присаяно-Енисейской ПНГО распространен усольский силл — пластовая интрузия долеритов мощностью до 60—80 м.

Выше бельской свиты выделена буйская свита в объеме урицкого и олекминского горизонтов кембрия, сложенная доломитами с редкими прослойками доломитоангидритов, а на западе Присаяно-Енисейской ПНГО — аргиллитов и алевролитов. Мощность свиты меняется от 80 до 140 м. Биркинский нефтегазоносный горизонт выделен в средней части буйской свиты. Его промышленная газоносность доказана в Ангаро-Ленской и Предпатомской НГО. Мощность горизонта 70—85 м. Образован он в основном мелкокавернозными доломитами, иногда глинистыми, известковистыми, окремненными, сульфатизированными, слабозасоленными.

Ангарская свита занимает практически весь объем чарского горизонта и представлена чередованием доломитов и доломитоангидритов с пластами каменной соли. На западе НГО свита сложена алевролитами с прослойками известняков и мергелей. Мощность свиты меняется от 0 до 530 м.

В нижней части ангарской свиты выделен бильчирский нефтегазоносный горизонт. Мощность его варьирует от 45 до 60 м. Представлен горизонт четырьмя карбонатными пластами, разделенными тонкими слоями солей. Бильчирский горизонт нефтегазоносен на Бильчирской, Коркинской и Христофоровской и других площадях Ангаро-Ленской ступени [Фомин, Моисеев, 2019].

Выше ангарской свиты залегают отложения наманского горизонта, завершающего разрез нижнего кембрия. Перекрывающий его зеледеевский горизонт является переходным. Он содержит нерасчлененные отложения нижнего и среднего отелов кембрийской системы.

Литвинцевская свита, выделенная в наманском и, частично, в зеледеевском горизонтах, сложена доломитами и известняками с прослойками ангидритодоломитов и солей. В западной части Присаяно-Енисейской ПНГО свита размыта. Мощность свиты на территории синеклизы составляет 140—185 м. В нижней части литвинцевской свиты выделяется ичерский нефтегазоносный горизонт. Коллекторы промышленного значения в этом горизонте отмечены на Кэдэргинской, Бысахтахской и других площадях [Фомин, Моисеев, 2019].

Отметим, что перечисленные выше нефтегазоносные горизонты нижнего и среднего кембрия содержат скопления углеводородов на юге Сибирской платформы сравнительно редко.

Нерасчлененные отложения среднего и верхнего кембрия образованы преимущественно красноцветной толщей аргиллитов, алевролитов, мергелей и песчаников верхоленской серии мощностью до 780 м.

Залегающие выше отложения ордовика, силура, перми, карбона, триаса и юры интереса в отношении нефтегазоносности не представляют.

ТЕКТОНИКА

Анализ тектонического строения позволяет выделить в Присаяно-Енисейской синеклизе два структурных этажа: кристаллический фундамент архея и нижнего протерозоя и сложенный осадочными породами рифейско-фанерозойский платформенный чехол. Платформенный чехол, в свою очередь, делится на два структурных яруса: рифейский и венд-палеозойский.

Рифейский структурный ярус Сибирской платформы имеет сложное тектоническое строение [Сурков, Гришин, 1997]. На территории Присаяно-Енисейской синеклизы, как было отмечено выше, сформированы два прогиба, выполненные осадочными образованиями рифея. Слагающие их толщи осадочных пород на западном и северном склонах синеклизы смяты в складки, осложнены разломами различной ориентировки и амплитуды вертикальных перемещений. Через восточную часть Присаяно-Енисейской синеклизы проходит Ангаро-Котуйский прогиб, а через западную — Приенисейский [Филиппцов, Старосельцев, 2009; Филиппцов, 2011] (см. рис. 5). Как было отмечено выше, прогибы разделены контрастным Чунским выступом фундамента (см. рис. 3—5). К северу от синеклизы эти два прогиба объединяются, образуя широкую полосу увеличенных толщин (более 6—7 км) рифея.

Для выяснения строения венд-палеозойского структурного яруса была построена серия региональных структурных карт: по эрозионной пенепленизированной поверхности рифея (горизонт R_0 , рис. 7), по отражающему горизонту KV (поверхность терригенного комплекса венда, рис. 8), по отражающему горизонту Б (поверхность тэтэрской свиты — поверхность венда, рис. 9). При построении структурных карт были учтены результаты интерпретации комплексных геофизических региональных работ в Красноярском крае и Иркутской области, выполненных с 2000 по 2021 гг. в масштабах 1: 100 000—1: 200 000.

Структурные планы по поверхности терригенного комплекса венда и по поверхности тэтэрской свиты (поверхность венда) в общих чертах повторяют структурный план эрозионной поверхности ри-

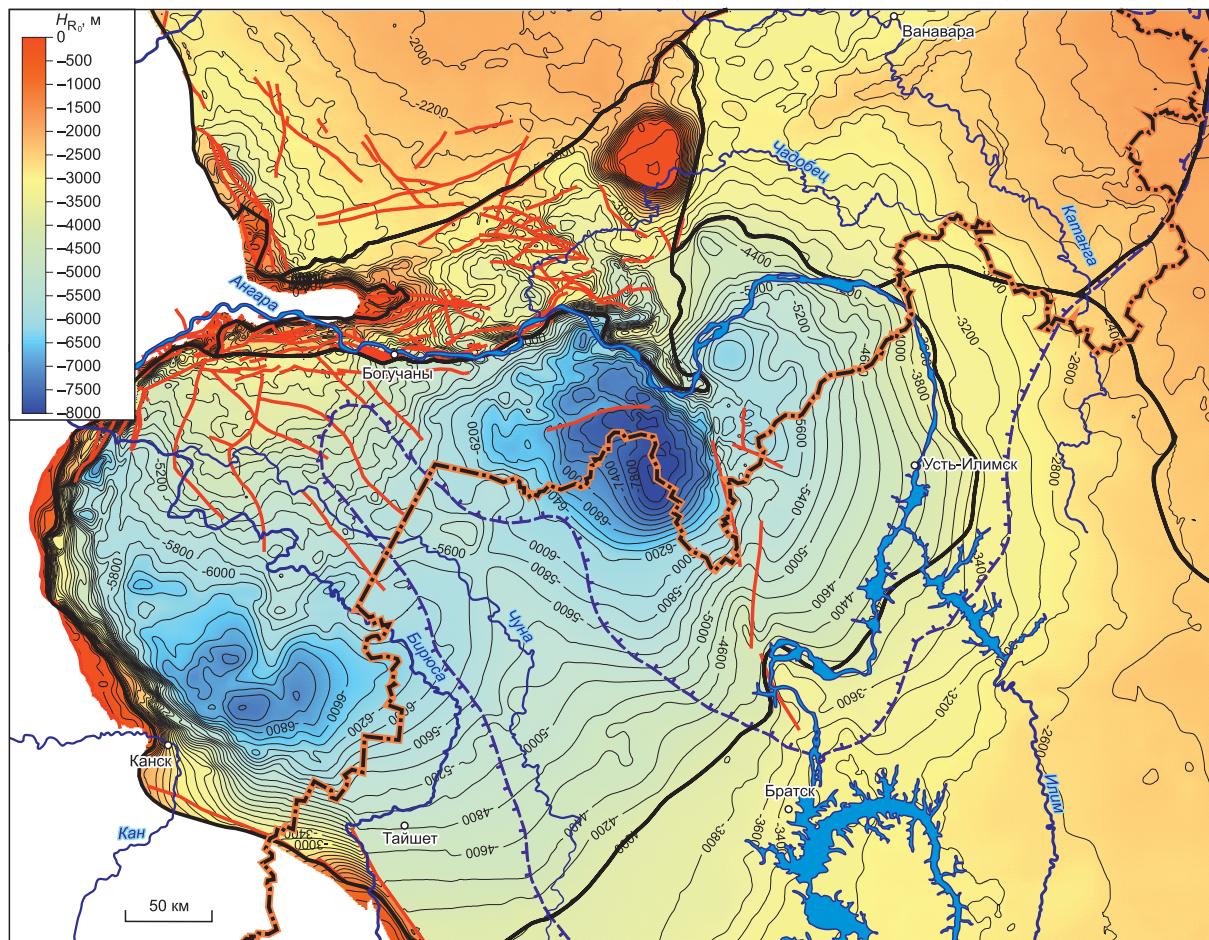


Рис. 7. Структурная карта по отражающему горизонту R_0 (эрэзионная поверхность рифея/фундамента).

Усл. обозн. см. на рис. 3.

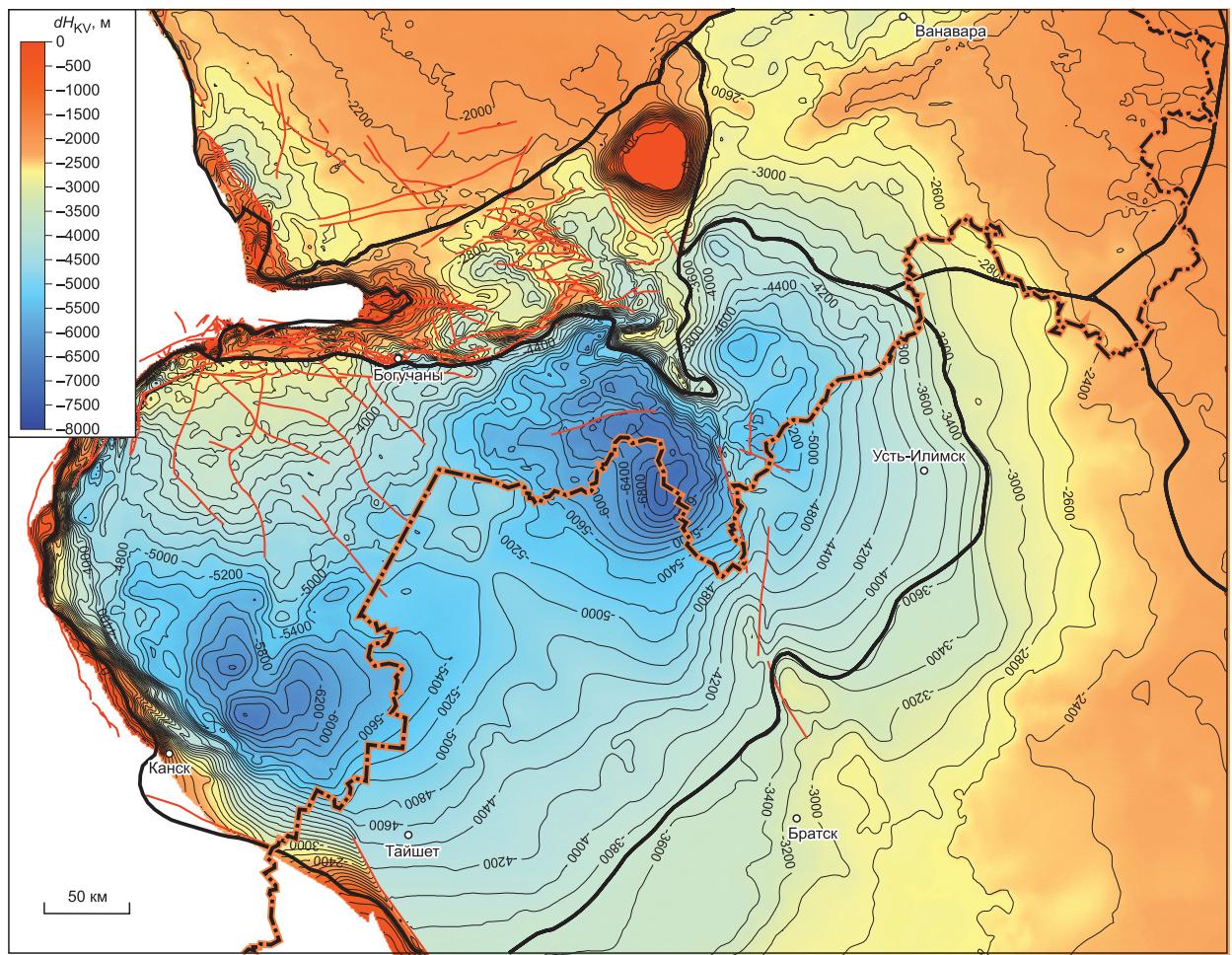


Рис. 8. Структурная карта по отражающему горизонту KV (поверхность терригенного комплекса венда).

Усл. обозн. см. на рис. 3.

фея. Конфигурации структур на уровне регионального стратиграфического несогласия (горизонт R_0) в плане несколько отличаются от их конфигурации, определенной по отражающим горизонтам в венде, что обусловлено историей геологического развития региона в докембрии и является следствием латерального изменения мощности венденских и вендо-рифейских отложений в целом.

При построении тектонической карты вендо-палеозойского структурного яруса в качестве базовой была принята поверхность терригенного комплекса венда как основного потенциально нефтегазоносного комплекса Присаяно-Енисейской синеклизы (рис. 10).

С севера синеклиза ограничена структурами Ангарской зоны линейных дислокаций и Катангской седловины, с востока — Непско-Ботуобинской антеклизы, с юго-востока — Ангаро-Ленской ступени. На западе она ограничена структурами складчатого обрамления Саян и Енисейского кряжа.

После проведения в Присаяно-Енисейской синеклизе региональных сейсморазведочных работ представление о внутреннем строении синеклизы уточнилось. Контуры ранее выделенных структур претерпели значительные изменения, некоторые структуры (Чуно-Бирюсинская моноклиналь, Усть-Илимская моноклиналь, Среднечунское куполовидное поднятие (кп), Братско-Берямбинская седловина и др.) были выделены впервые.

На территории большей части Присаяно-Енисейской синеклизы по структурной поверхности терригенного комплекса венда выделяются пликативные структуры первого порядка: Богучано-Манзинский выступ, Долгомостовская и Мурско-Чунская впадины (см. рис. 10).

Богучано-Манзинский выступ отделен от Ангарской зоны складок высокоамплитудными разломами широтного простирания. С юга и востока он ограничен по изогипсе -4500 м. Площадь выступа около 15 тыс. км², амплитуда превышает 1700 м. Структура выступа осложнена серией тектонических нарушений.

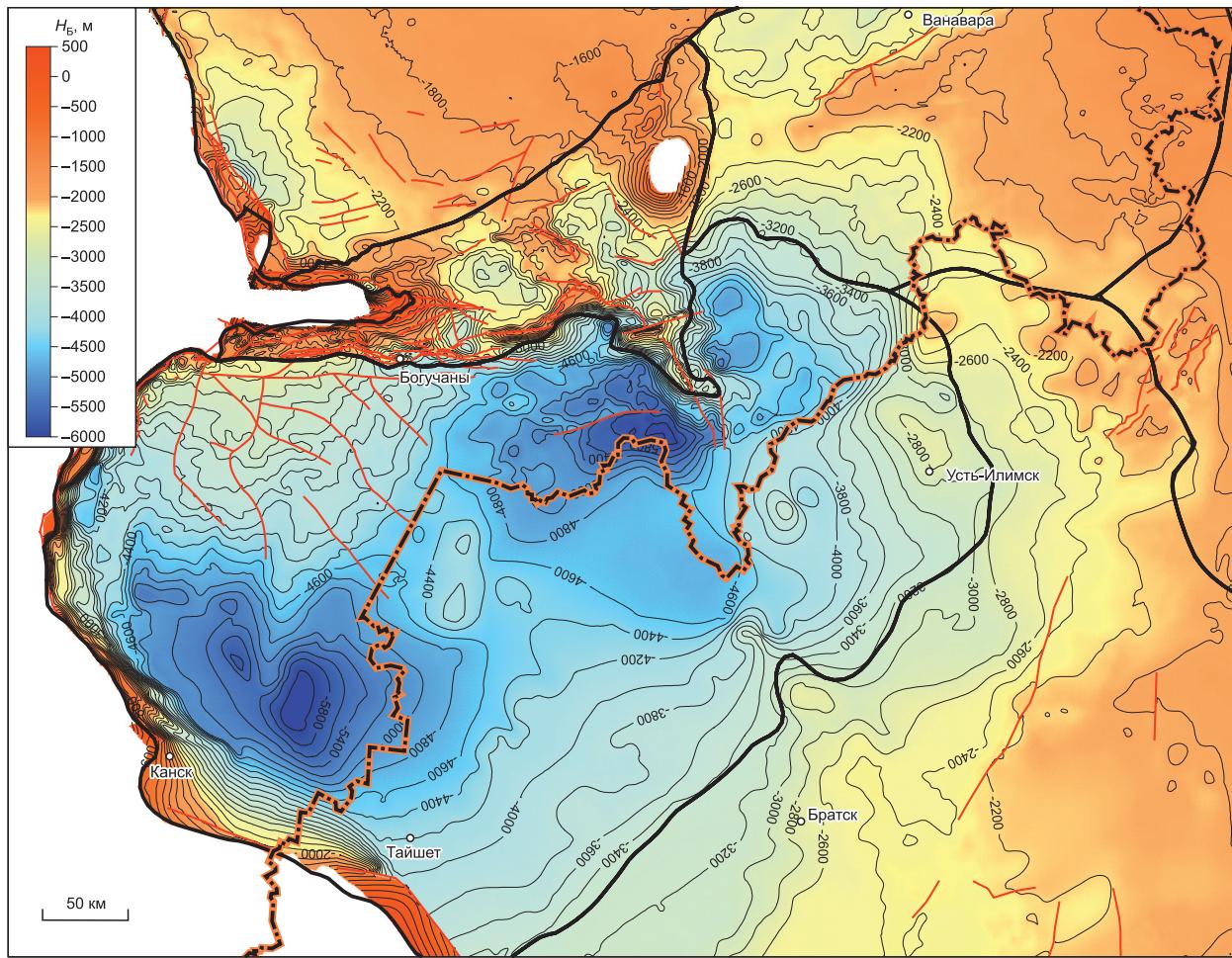


Рис. 9. Структурная карта по отражающему горизонту Б (поверхность тэтэрской свиты, поверхность венда).

Усл. обозн. см. на рис. 3.

Мурско-Чунская впадина является отрицательной структурой изометричной формы. Поверхность основания кембрийских отложений в разных районах впадины залегает на глубинах с абсолютными отметками от -4500 до -7200 м, вертикальная амплитуда перепада глубин достигает 2700—3000 м. Площадь впадины около 13.5 тыс. км². Наиболее вероятная средняя толщина соленосной толщи нижнего кембрия 2400 м. К Богучано-Манзинскому выступу она монотонно сокращается до 1800 м.

Долгомостовская впадина от Мурско-Чунской отделена Чунской седловиной. Она вытянута в субширотном направлении, оконтуривается по изогипсе -5300 м, имеет площадь 16.3 тыс. км², амплитуду 1500 м. Эпицентр погружения смещен к юго-западному борту впадины.

Восточнее Мурско-Чунской впадины расположена отрицательная структура II порядка — Катская впадина, вытянутая в субмеридиональном направлении. Она имеет площадь 5.6 тыс. км². Впадины разделены Братско-Берябинской седловиной, переходящей на юге в Братский выступ.

К юго-востоку от Долгомостовской впадины, Чунской седловины и Мурско-Чунской впадины расположен обширный Чуно-Бирюсинский моноклинальный склон, по которому Присаяно-Енисейская синеклиза граничит с Ангаро-Ленской ступенью. К востоку от Катской впадины располагается Усть-Илимская моноклиналь.

На западе Присаяно-Енисейской ПНГО выделяются Троицко-Михайловский и Тайнинский валы, возникшие в результате проявления посткембрийской соляной тектоники. При проведении региональных сейсморазведочных работ на этой территории было установлено, что валы расположены над краевым Приенисейским рифейским прогибом юго-западной окраины Сибирской платформы. Ширина Троицко-Михайловского вала колеблется в пределах 7—10 км. Ось вала ундулирует, образуя локальные антиклинальные структуры Канарийскую, Каравульдинскую, Тынысскую и др. В Присаяно-Енисейской

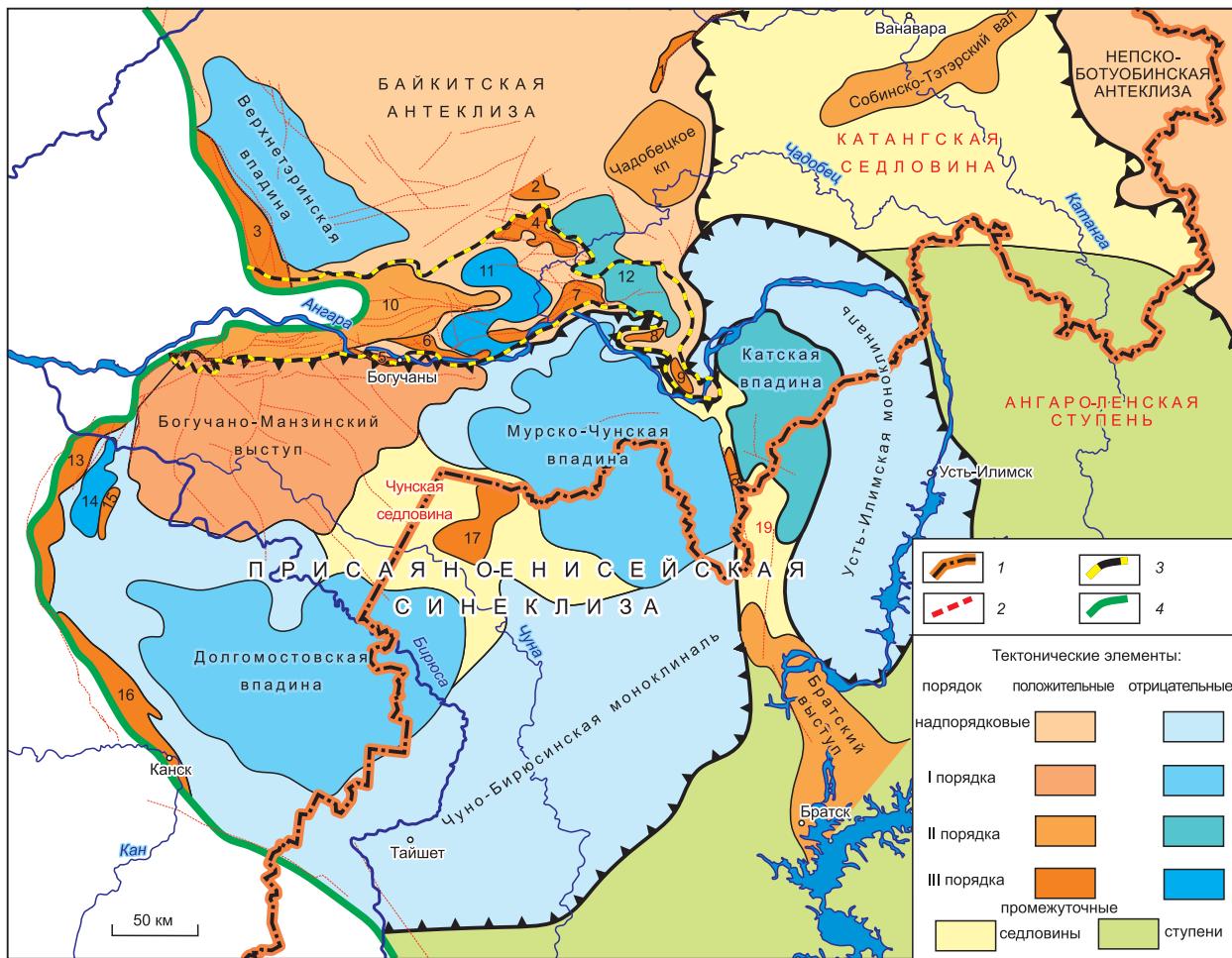


Рис. 10. Тектоническая карта венд-нижнепалеозойского структурного яруса юго-запада Сибирской платформы.

1 — административные границы, 2 — разломы, 3 — контур Ангарской зоны складок, 4 — граница Сибирской платформы.

синеклизе наблюдаемое простижение валов конкордантно основным структурным элементам соседних складчатых сооружений Алтая-Саянской области и Енисейского кряжа.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

На основании приведенной выше информации о геологическом строении Присаяно-Енисейской синеклизы и одноименной ПНГО, выделенной в ее границах, и аналогии с Байкитской, Ангаро-Ленской и Непско-Ботуобинской НГО, а также Нижнеангарским и Ванаварским СНГР Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции главным перспективным стратиграфическим объектом месторождений углеводородов на ее территории следует считать терригенный комплекс венда [Геология..., 1981]. Залежи углеводородов могут быть также выявлены в подстилающих отложениях рифея, карбонатном комплексе нижнего венда и в межсолевых карбонатных горизонтах нижнего—среднего кембрия.

Сформулированные выше представления о тектоническом строении осадочного чехла и пространственном распространении отложений рифея и терригенного венда позволяют уточнить границы Присаяно-Енисейской ПНГО и разделить ее на перспективные нефтегазоносные районы (рис. 11). Информация о площади перспективных нефтегазоносных районов приведена в табл. 1.

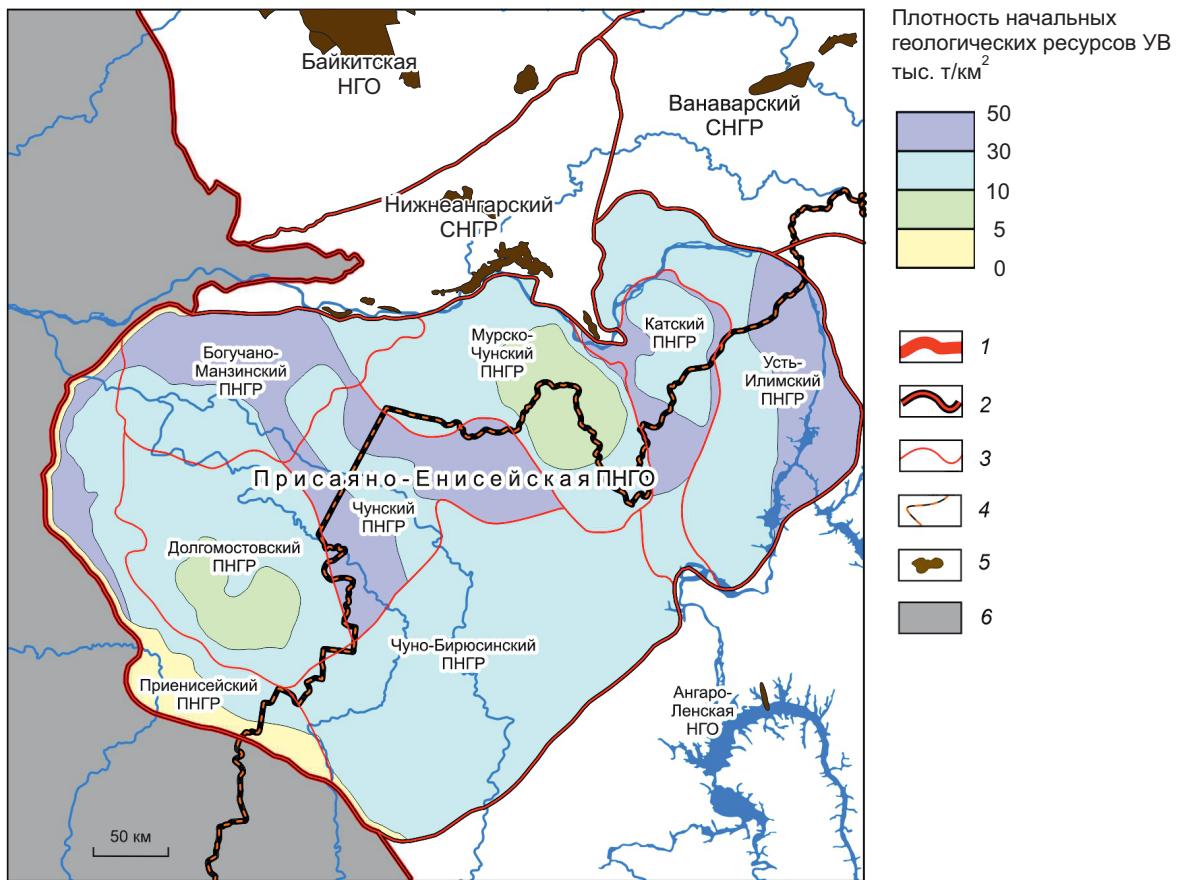


Рис. 11. Нефтегазогеологическое районирование Присаяно-Енисейской ПНГО.

1—4 — границы: 1 — Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, 2 — нефтегазоносных областей и самостоятельных нефтегазоносных районов, 3 — нефтегазоносных районов, 4 — административные РФ; 5 — месторождения; 6 — бесперспективные территории.

Выполненная методом геологических аналогий по эталонам на смежных нефтегазоносных областях количественная оценка перспектив нефтегазоносности показана на рис. 11 и сведена в табл. 2. По аналогии с внешними эталонами принято, что преобладающий тип залежей в Присаяно-Енисейской ПНГО — газовые. Газ преимущественно жирный, содержит повышенные концентрации гелия (более 0.2 % объемных). Для газов могут быть характерны повышенные содержания азота.

Согласно оценке, начальные геологические ресурсы УВ в Присаяно-Енисейской ПНГО равны 3 231 млн т условных УВ (УУВ), в том числе свободного газа 3 039 млрд м³, конденсата — 193 млн т. По степени достоверности оценки ресурсы отнесены к категории D₂.

Таблица 1. Площадь перспективных нефтегазоносных районов Присаяно-Енисейской ПНГО

ПНГР	Площадь, км ²
Мурско-Чунский	17 032
Приенисейский	13 495
Чуно-Бирюсинский	33 642
Богучано-Манзинский	14 500
Чунский	14 451
Долгомостовский	16 936
Катский	9 393
Усть-Илимский	21 276
Всего	140 727

Таблица 2. Начальные геологические ресурсы углеводородов категории D₂ Присаяно-Енисейской ПНГО, дифференцированные по нефтегазоносным комплексам

Нефтегазоносный комплекс	Группа ресурсов и запасов	Запасы и ресурсы свободного газа, млн м ³	Запасы и ресурсы конденсата, тыс. т	Запасы и ресурсы углеводородов, тыс. т УВ
		Начальные ресурсы		
Рифейский	Геолог.	107 744	16 162	123 906
	Извлек.	107 744	9 051	116 795
Вендский (терригенный)	Геолог.	2 533 272	151 996	2 685 269
	Извлек.	2 533 272	106 397	2 639 670
Венд-нижнекембрийский (карбонатный)	Геолог.	265 522	15 931	281 454
	Извлек.	265 522	11 152	276 674
Кембрийский, межсолевой	Геолог.	132 138	8 589	140 727
	Извлек.	132 138	5 153	137 291
Итого	Геолог.	3 038 677	192 678	3 231 355
	Извлек.	3 038 677	131 753	3 170 430

Таблица 3. Начальные геологические ресурсы углеводородов категории D₂ Присаяно-Енисейской ПНГО, дифференцированные по перспективным нефтегазоносным районам

ПНГО/ПНГР	Начальные суммарные геологические ресурсы углеводородов, тыс. т УВ
Мурско-Чунский	272 898
Приенисейский	225 118
Чуно-Бирюсинский	666 178
Богучано-Манзинский	431 425
Чунский	498 520
Долгомостовский	292 198
Катский	260 720
Усть-Илимский	584 300
Присаяно-Енисейская	3 231 355

Дифференциация ресурсов газа и конденсата по нефтегазоносным районам показана на рис. 11 и в табл. 3. Наиболее перспективными зонами газонакопления, по имеющейся геолого-геофизической информации, следует считать Богучано-Манзинский выступ, склоны Чунской седловины и Усть-Илимский моноклинальный склон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Центральные и южные районы Красноярского края, Республики Хакасия остаются негазифицированными. Судя по публикациям о проекте строительства газопровода «Сила Сибири 2», газификация этих регионов за счет газа ЯНАО также не предусматривается. Все это сдерживает экономическое развитие Красноярского края и не позволяет оздоровить экологическую обстановку в его промышленных центрах.

В перспективе за 15—20 лет в Присаяно-Енисейской ПНГО могут быть подготовлены запасы газа до 1 трлн м³. В регионе возможно создание нескольких центров по добыче и переработке газа. В пос. Богучаны (левый берег р. Ангара) может быть создан мощный центр газохимии и производства гелия. Помимо газа самой Присаяно-Енисейской ПНГО в Богучанский центр газохимии может поставляться попутный и свободный газ газовых шапок с Юрубченко-Тохомского и Куюбинского месторождений в Байкитской НГО и газовых месторождений в Ванаварском и Нижнеангарском СНГР.

Как потенциальный центр газохимии и гелиевой промышленности он обладает рядом достоинств. Во-первых, район пос. Богучаны соединен с промышленными центрами юга Красноярского края железной и круглогодичной автомобильной дорогами, что облегчит решение задач логистики. Во-вторых, в районе пос. Богучаны имеются мощные пласты каменных солей, что позволит создать крупные хранилища чистого гелия.

Для создания сырьевой базы газовой промышленности в Присаяно-Енисейской ПНГО необходимо продолжить региональные работы, в первую очередь, в Чунском, Мурско-Чунском и Тайшетском районах. Не следует начинать перевод фонда недр из нераспределенного в распределенный до завершения региональных работ, так как в рамках действующего законодательства это может на долгие годы заморозить проведение региональных работ на перспективных территориях, как это случилось в последние годы в ряде районов Республики Саха (Якутия).

Нужно также отдавать себе отчет, что при отсутствии четкой государственной политики в области газификации Восточной Сибири и юго-востока Западной Сибири в условиях, когда открытые газовые месторождения не вводятся в разработку многие десятилетия, рассчитывать на интенсивное проведение геолого-разведочных работ крайне трудно.

Все это наносит серьезный урон экономике страны и тормозит социально-экономическое развитие Сибири.

Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных научных исследований № FWZZ-2022-0008 «Цифровые геолого-геофизические модели Лено-Тунгусской и Лено-Вилюйской нефтегазоносных провинций, анализ закономерностей размещения нефтяных и газовых месторождений, оценка перспектив нефтегазоносности в основных продуктивных комплексах верхнего протерозоя и фанерозоя, включая карбонатные горизонты венда и кембрия с трудноизвлекаемыми ресурсами, изучение влияния интрузий траппов на нефтегазоносность»

ЛИТЕРАТУРА

Геология нефти и газа Сибирской платформы /Под ред. Конторовича А.Э., Суркова В.С., Трофимука А.А. М., Недра, 1981, 552 с.

Гутина О.В. Комплексное обоснование стратиграфической схемы рифейских отложений юго-западной части Сибирской платформы (Байкитская, Катангская НГО, Енисейский кряж, Чадобецкое поднятие) / Ред. Ю.Н. Карогодин. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2007, 180 с.

Дробот Д.И., Золотов А.Н., Конторович А.Э. Геохимические критерии оценки нефтегазоносности докембрийских и кембрийских отложений юга Сибирской платформы. М., Недра, 1974, 156 с.

Карасев И.П., Корнев Б.В., Мандельбаум М.М., Сальман Г.Б., Самсонов В.В. Районирование и оценка перспектив Иркутского нефтегазоносного бассейна // Геология и нефтегазоносность юга Восточной Сибири. М., Недра, 1969, с. 5—14.

Конторович А.Э., Мельников Н.В., Старосельцев В.С. Нефтегазогеологическое районирование Сибирской платформы // Геология нефти и газа, 1976, № 2, с. 6—16.

Конторович А.Э., Бахтуров С.Ф., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Конторович А.А., Кринин В.А., Ларичев А.И., Ли Году, Меленевский В.Н., Тимошина И.Д., Фрадкин Г.С., Хоменко А.В. Разновозрастные очаги нафтидообразования и нафтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1676—1693.

Краевский Б.Г., Якшин М.С., Наговицин К.Е. Региональная стратиграфическая схема рифейских отложений западной части Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2018, № 7с, с. 4—14.

Ларичев А.И. Геохимические критерии нефтегазообразования в верхнедокембрийских отложениях Сибирской платформы: Автореф. дис.... к.г.-м.н. Новосибирск, 1981, 21 с.

Мельников Н.В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы: стратиграфия, история развития. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2009, 148 с.

Решения Четвертого межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. Новосибирск, 1989, 64 с.

Самсонов В.В. Иркутский нефтегазоносный бассейн. Иркутск, 1975, 196 с.

Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Ред. Н.В. Мельников, Новосибирск, Академ. изд-во «Гео», 2005, 428 с.

Сурков В.С., Гришин М.П. Строение рифейских осадочных бассейнов Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1997, т. 38 (1), с. 1712—1715.

Трофимук А.А. Нефтегазоносность Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1960 (7), с. 4—11.

Филиппов Ю.А. Геологическое строение рифейских прогибов западной части Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2011, № 4 (8), с. 30—47.

Филиппов Ю.А., Старосельцев В.С. Рифейские прогибы — основные источники нефти и газа в западной части Сибирской платформы // Геология нефти и газа, 2009, № 6, с 40—56.

Фомин А.М., Моисеев С.А. Перспективы нефтегазоносности и характеристика продуктивных горизонтов кембрийских межсолевых отложений центральной части Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика [Электронный ресурс], 2019, т. 14, № 3 URL-адрес: http://www.ngtp.ru/rub/2019/26_2019.html.

Шенфиль В.Ю. Поздний докембрий Сибирской платформы. Новосибирск, Наука, 1991, 185 с.