



УДК 552.53:551.732(571.51-14)

ТРОИЦКО-МИХАЙЛОВСКИЙ СОЛЯНОЙ ДИАПИРОВЫЙ ВАЛ В КЕМБРИЙСКОЙ ТОЛЩЕ НА ЗАПАДЕ ПРИСАЯНО-ЕНИСЕЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

Н. В. Мельников, А. С. Ефимов, В. Н. Беспечный

По результатам сейсморазведочных работ последних лет установлены геологическое строение и этапы формирования сложного Троицко-Михайловского соляного диапирового вала в кембрийской толще на западе Присяжно-Енисейской синеклизы Сибирской платформы. Формирование вала началось на рубеже силурийского и девонского периодов. На первом этапе произошел подъем Канского архей-раннепротерозойского массива изверженных пород и началось его давление на прилегающий с востока склон осадочных пород Присяжно-Енисейской синеклизы. К концу этапа на склоне возникла Предканская зона дизъюнктивно ограниченных блоков, зародился Усолкинский прогиб. Дизъюнктивы представлены взбросами. Амплитуды уменьшаются в восточном направлении. По восточному взбросу зародился субмеридиональный Троицко-Михайловский приразломный вал длиной более 100 км, прослеженный сейсморазведкой в подсолевых толщах венда и основания кембрия. На следующем этапе усилилось горизонтальное давление Канского массива на восток на склон осадочных пород Присяжно-Енисейской синеклизы. Осуществился переток соленосных пород верхнеусольской подсвиты кембрия из Усолкинского прогиба на восток, на приразломный вал. В образованиях кембрия на его месте возник соляной вал амплитудой до 1500 м. В результате перетока возросла амплитуда Усолкинского прогиба. На последнем этапе давление Канского массива продолжалось. По восточному взбросу образовался разрыв сплошности пород кембрия и ордовика, в который произошел переток соленосных пород. Возник диапир, заполненный породами верхнеусольской подсвиты, длиной до 110 км, шириной от 3–5 до 10–15 км. Толщи кембрия и венда на его бортах подняты на 500–1200 м.

Ключевые слова: Троицко-Михайловский соляной диапировый вал, приразломный вал, Усолкинский прогиб, Канский массив, Присяжно-Енисейская синеклиза.

DOI 10.20403/2078-0575-2016-1-26-35

THE CAMBRIAN TROITSKO-MIKHAYLOVSKY SALT DIAPIR IN THE WEST OF THE CIS-SAYAN-YENISEI SYNECLISE

N. V. Melnikov, A. S. Efimov, V. N. Bespechny

The geological structure and stages of formation of the complex Cambrian Troitsko-Mikhaylovsky salt diapir in the west of the Cis-Sayan-Yenisei syncline in the Siberian Platform were established relying on seismic data acquired in recent years. The process commenced at the turn of the Silurian and Devonian periods. There are three major stages of the salt diapir formation that have been distinguished, and the principal factors affecting the tectonic and petrological evolution of the structure have been characterized. The authors emphasise a special role of the Archean – Early Proterozoic Kansk massif of effusive rocks at all of the stages. It was stated that eventually the length of the submeridional salt diapir reaches 110 m, and the width varies between 3-5 and 10-15 km. The Cambrian and Vendian strata at the slopes are elevated up to 500-1200 m.

Keywords: Troitsko-Mikhaylovsky salt diapir, fault-line swell, Usolka depression, Kansk massif, Cis-Sayan-Yenisei syncline.

Осадочный чехол в западной части Присяжно-Енисейской синеклизы составляют толщи рифея, венда, палеозоя и мезозоя. Рифей сложен карбонатными и глинисто-карбонатными породами общей мощностью 1500–2000 м. Отложения нижнего венда выделены в тасеевскую серию чередования песчаников, алевролитов и аргиллитов мощностью 750–1200 м. Верхний венд представлен карбонатными породами мощностью 400–600 м [3]. Выше находится толща чередования мощных соленосных и более тонких карбонатных свит и подсвит нижнего и части среднего кембрия (усольская, бельская, булайская и ангарская свиты) [1]. Общая мощность соленосно-карбонатных кембрийских пород 2300–2500 м. Остальная часть среднего и верхнего кембрий – это терригенные образования и мергели верхоленской свиты мощностью до 1200–1300 м.

Верхняя часть свиты на западе территории обычно размыта [4]. Вышележащая терригенная толща ордовика мощностью до 600 м сохранилась в основном восточнее Троицко-Михайловского вала. Образования силура, девона, карбона и перми распространены локально. Мезозой представлен юрскими терригенными породами, залегающими на разновозрастных толщах палеозоя [1].

Троицко-Михайловский вал выделен по результатам бурения колонковых и глубоких скважин при геолого-разведочных работах на калийные соли и, главное, на нефть и газ [5, 6] в западной части Присяжно-Енисейской синеклизы (рис. 1). Вал достаточно отчетливо проявляется и на геологической карте по результатам геологической съемки м-ба 1:200 000. Пробуренные скважины показали, что это соляной вал, охватывающий соленосно-карбо-

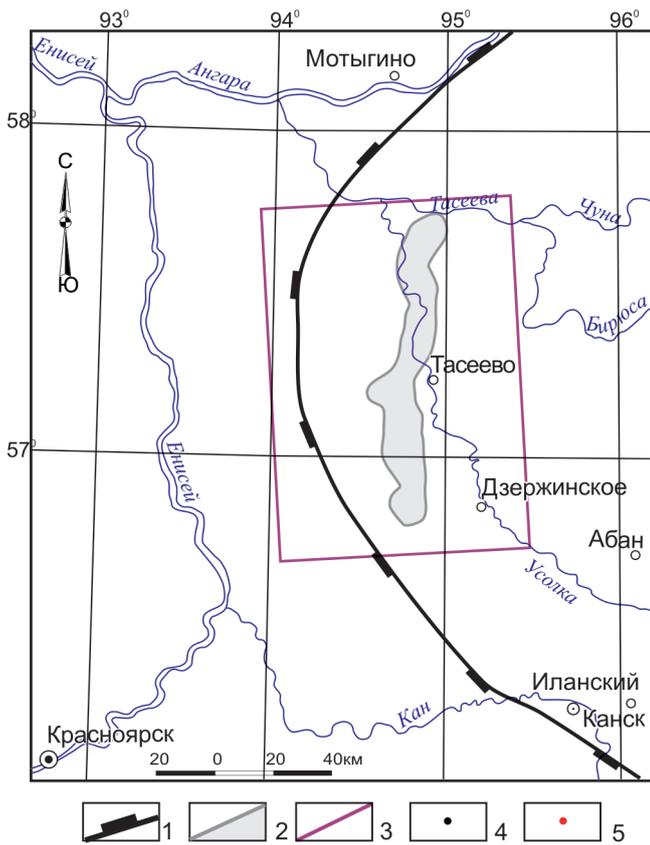


Рис. 1. Обзорная схема расположения Троицко-Михайловского вала

1 – граница Присяяно-Енисейской синеклизы; 2 – Троицко-Михайловский вал; 3 – контур исследуемого участка

натные толщи кембрия [6]. Подсолевые интервалы разреза скважинами не вскрыты.

Сейсморазведочные работы последних лет существенно уточнили строение Троицко-Михайловского вала, особенно в его кембрийской соленосной и в подсолевой части (низы кембрия – верхний венд). Здесь по отражающему горизонту Б по подошве кембрия и в венде проявился приразломный вал. Разлом ограничивает вал с востока. Восточное крыло часто опущено. По данным сейсморазведки амплитуда вала составляет первые сотни метров. В его контуре выявлено несколько локальных поднятий. В вышележащей кембрийской части разреза по оси вала проявился соляной диапир протяженностью более 110 км и высотой до 1500 м, поэтому Троицко-Михайловский вал получил название «соляной диапировый вал в толще кембрия». Вал с диапиром вдоль оси – редкий результат горизонтальных тектонических движений и напряжений в осадочном чехле.

Основные структуры обрамления Троицко-Михайловского вала

Троицко-Михайловский вал вытянут в меридиональном направлении вдоль западной окраины Присяяно-Енисейской синеклизы (рис. 2). С востока он ограничен структурами первого порядка – Богучано-Манзинским выступом на северо-вос-

токе и Долгомостовской впадиной на юго-востоке [1]. С западной стороны вдоль вала вытянут Усолкинский прогиб, который на юге граничит с Канским массивом. На севере между Канским массивом и Усолкинским прогибом находится Предканская зона блоков. Блоки ограничены дизъюнктивами, сложены с поверхности вендскими и кембрийскими образованиями. Дальше на западе находится обширный архей-нижнепротерозойский блок изверженных пород, который или относят к южному окончанию Енисейского кряжа, или выделяют в самостоятельный Канский массив [2]. Граница массива и Присяяно-Енисейской синеклизы проводится по амплитудному дизъюнктиву, по которому поднят восточный край массива. Большая амплитуда подъема приурочена к участкам, где западный склон Усолкинского прогиба срезан восточным разграничивающим дизъюнктивным краем Канского массива.

Юго-западный край Богучано-Манзинского выступа граничит с северной частью Троицко-Михайловского вала. Подошва кембрия на этом выступе находится на отметках –3000...–3500 м. В крайней юго-западной части выступа близ вала находится Восточно-Тынысское поднятие амплитудой более 100 м, площадью 244 км² (см. рис. 2). Севернее поднятия намечены другие, более мелкие структуры.

Северо-западный борт Долгомостовской впадины примыкает к южной части Троицко-Михайловского вала, образуя крутую моноклираль, на которой отметки подошвы кембрия углубляются от –2500 до –4500 м.

Усолкинский прогиб находится между восточным бортом зоны дизъюнктивных блоков и Троицко-Михайловским валом. Форма прогиба меняется с севера на юг. На севере выделен Хырсантьевский желоб шириной до 6 км и длиной 24 км, подошва кембрия расположена на глубине 2500–3600 м.

Южнее через седловину выделена крупная Тасеевская котловина шириной до 18 и длиной 30 км. Отметки подошвы кембрия в котловине меняются от –3500 до –5500 м. С юга котловина ограничена Тынынской структурой.

К югу от Тынынской структуры в Усолкинском прогибе выделена пологая Струковская котловина шириной 15 и длиной 37 км. Отметки подошвы кембрия меняются от –3200 до –3400 м.

Южнее Усолкинский прогиб заканчивается, на его продолжении находится восточный борт Канского массива.

Троицко-Михайловский вал по подошве кембрия и по верхнему венду следует называть приразломным. Вдоль его восточной границы проходит взброс, у которого опущено восточное крыло. Оценить амплитуду взброса по имеющимся материалам сложно, но, вероятно, она достигает первых сотен метров.

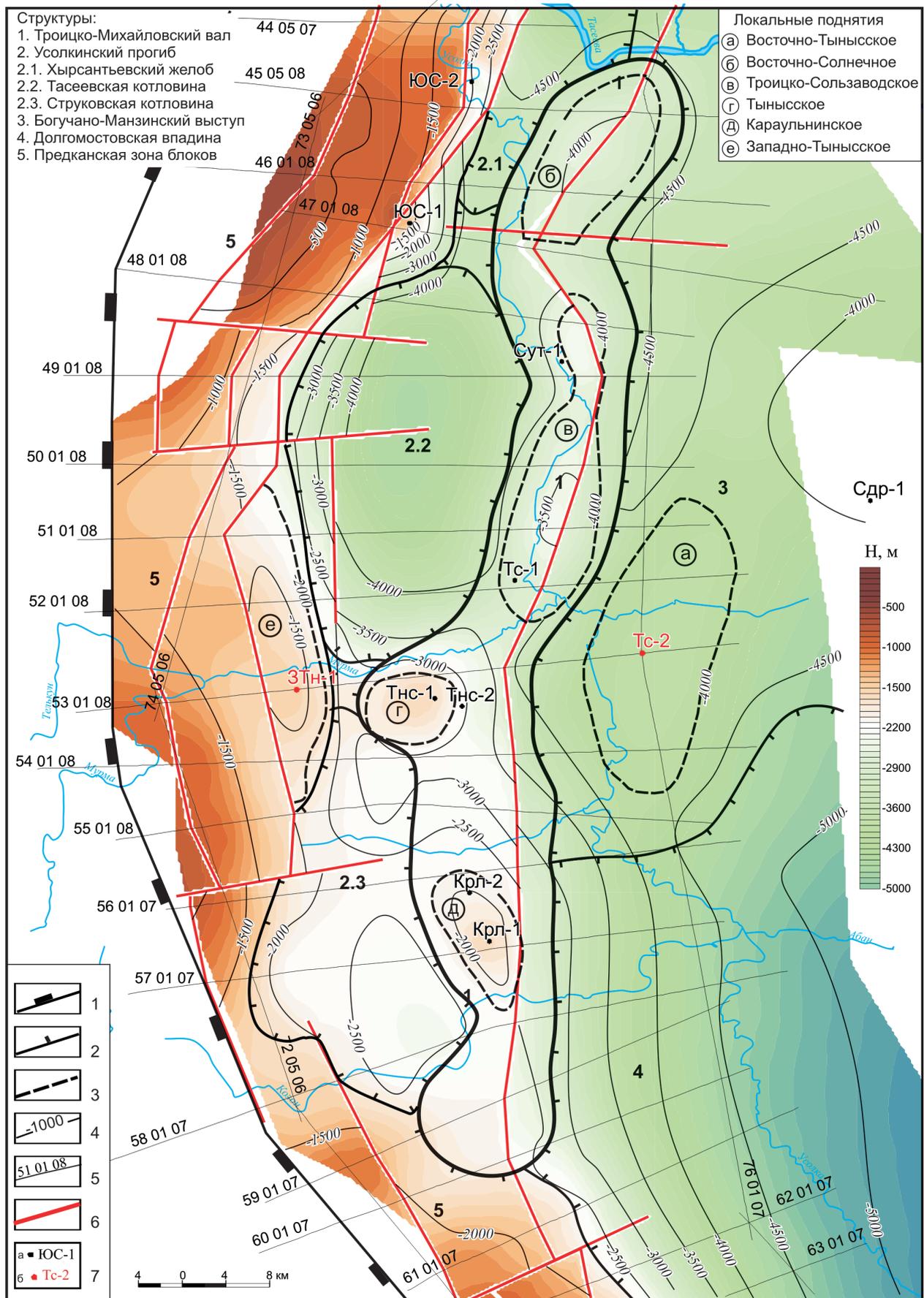


Рис. 2. Структурная карта западной окраины Присяжно-Енисейской синеклизы по подошве кембрия
 Границы: 1 – Присяжно-Енисейской синеклизы, структур: 2 – I и II порядков, 3 – III порядка; 4 – изогипсы подошвы кембрия; 5 – сейсмические профили 2006–2008 гг.; 6 – тектонические нарушения; 7 – скважины: а – пробуренные, б – рекомендуемые

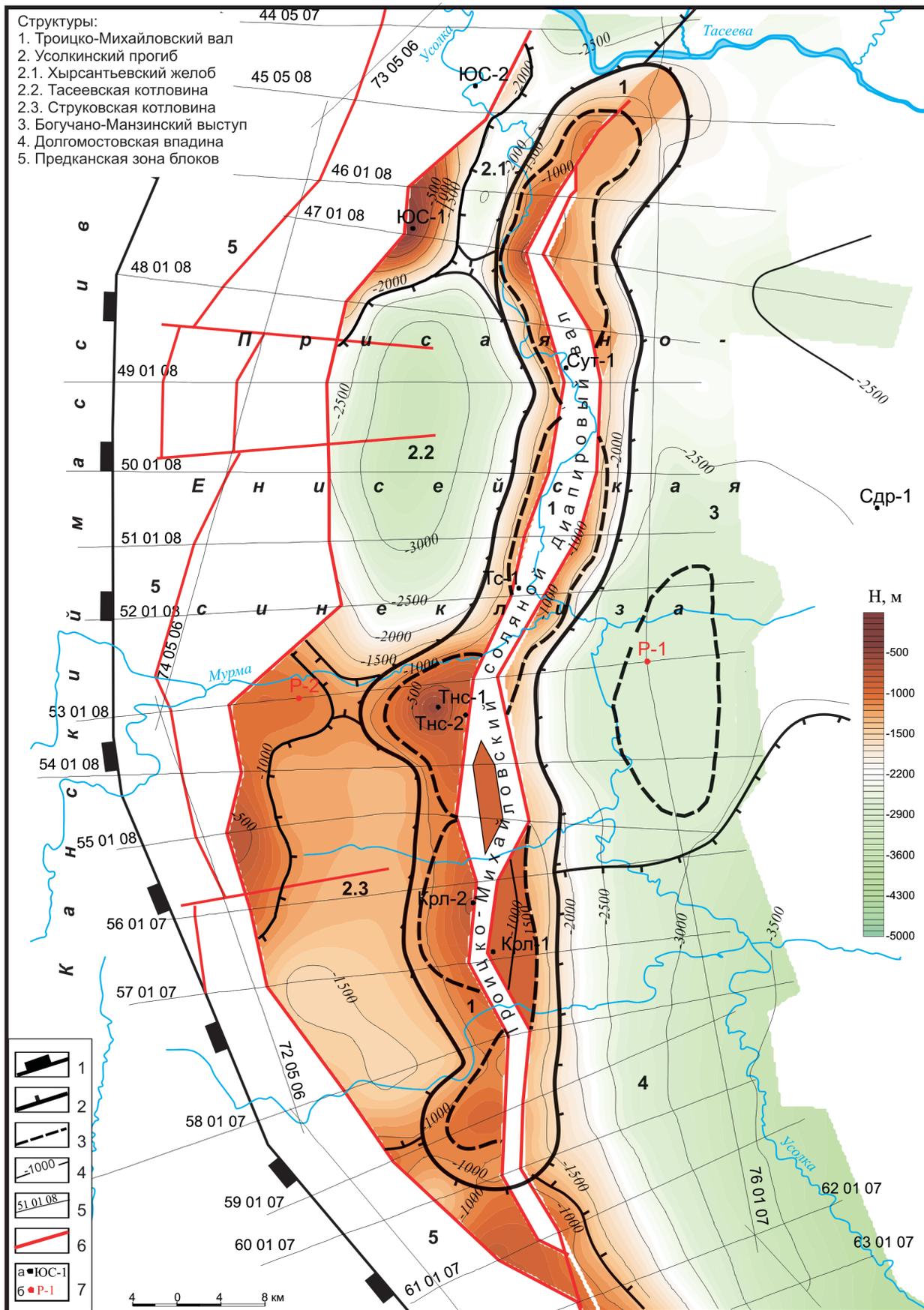
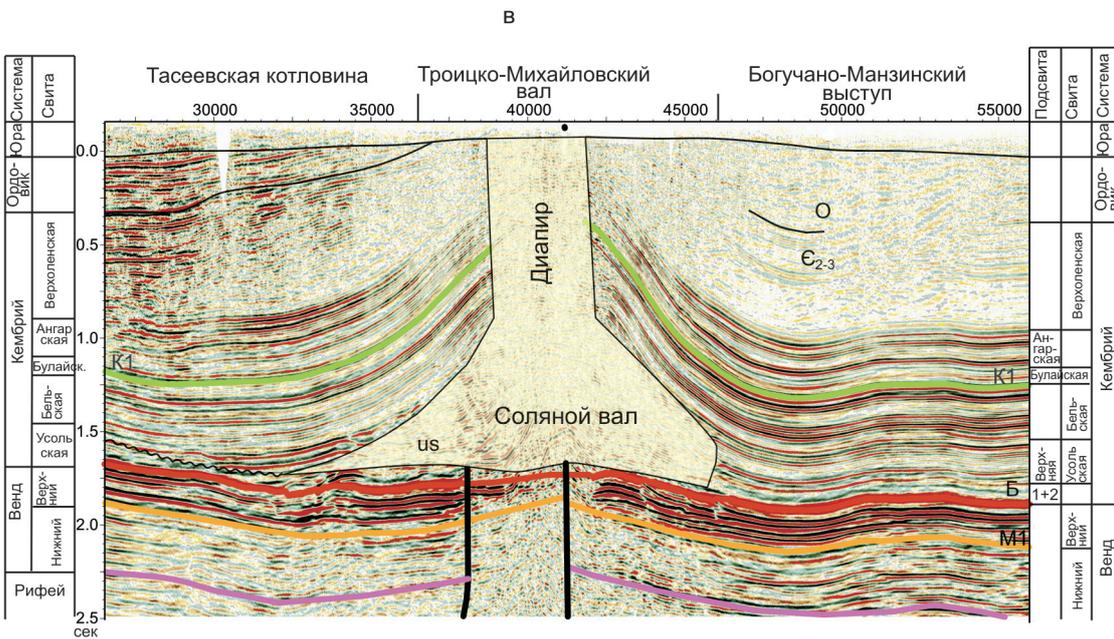
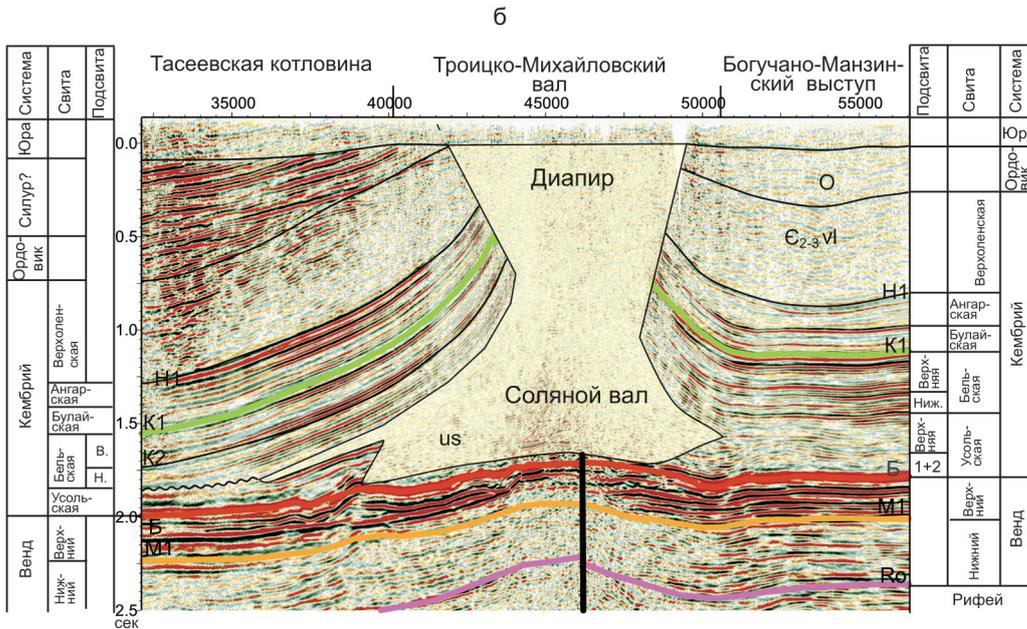
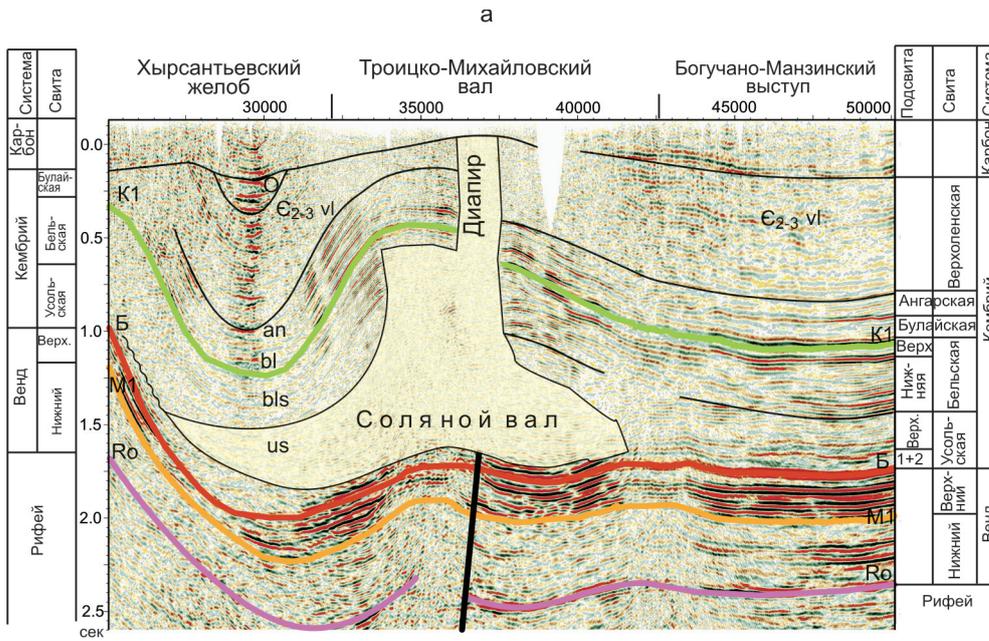


Рис. 3. Структурная карта западной окраины Присаяно-Енисейской синеклизы по подошве булайской – кровле бельской свит

Границы: 1 – Присаяно-Енисейской синеклизы, структур: 2 – I и II порядков, 3 – III порядка; 4 – изогипсы кровли бельской свиты; 5 – сейсмические профили 2006–2008 гг.; 6 – тектонические нарушения; 7 – скважины: а – пробуренные, б – рекомендуемые



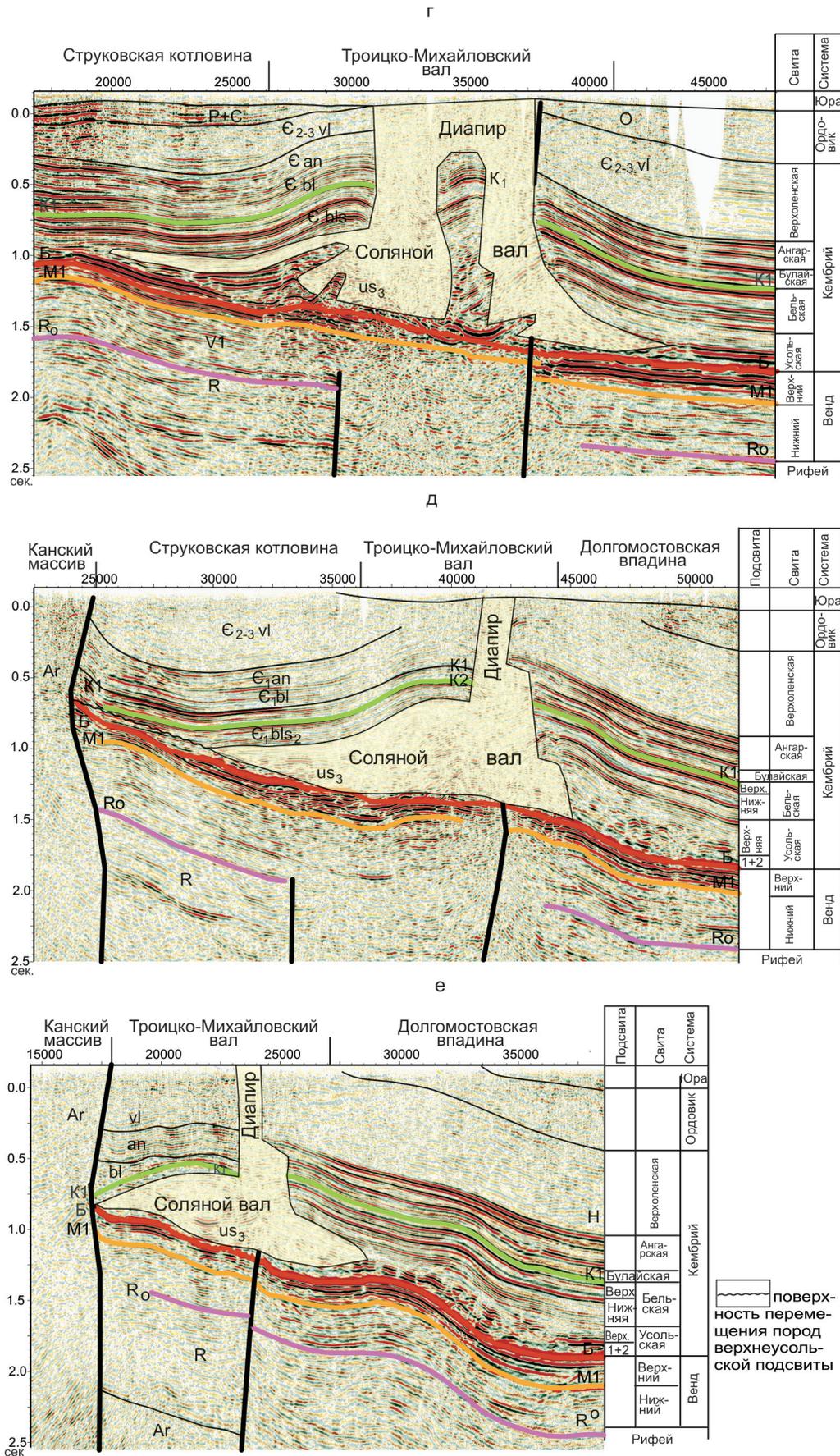


Рис. 4. Разрезы осадочного чехла через Троицко-Михайловский соляной диапировый вал, фрагменты временных разрезов: а – по профилю 460108, северное окончание вала; б – по профилю 500108, центральная часть вала; в – по профилю 520108, центральная часть вала; г – по профилю 550108, южная часть вала; д – по профилю 580107, южная часть вала; е – по профилю 600107, южное окончание вала



Тектоническое строение по внутрикембрийскому отражающему горизонту K_1 аналогично таковому по подошве кембрия, только отметки горизонта уменьшаются примерно на 1000 м, и, главное, в осевой части Троицко-Михайловского вала находится соляной диапир (рис. 3).

Форма диапира на Троицко-Михайловском валу

Троицко-Михайловский соляной диапировый вал вытянут вдоль р. Усолка в меридиональном направлении от пос. Кирсантьево на р. Тасеева на севере до пос. Шеломки на р. Топол на юге. Протяженность диапира по оси вала составляет 110 км.

Средние части субширотных сейсмических профилей длиной 45–65 км пересекают диапир и вал. В пересечении диапирового вала выполнено 16 профилей (46.01.08–61.01.07). Севернее диапира на его продолжении фиксируется окончание соляного вала (профили 45.01.08–47.01.08). Южнее вал примыкает к Канскому массиву на профиле 60.01.07, а диапир прослежен еще южнее за профиль 61.01.07 (см. рис. 3).

Строение соляных построек в целом выдержано по территории Троицко-Михайловского вала. В их основании находится соляной вал, подошва которого проходит обычно по верхней части среднеусольской (осинской) подсвиты. По кровле этой карбонатной пластины толщиной до 100 м перемещались верхнеусольские доломито-соленосные породы из Усолкинского прогиба в соляной вал.

Форма тела солей на валу напоминает длинную полусферу – соляную подушку, основание которой находится в нижней части полусферы. Вдоль западного и восточного краев полусферы подняты вышележащие кембрийские толщи начиная с бельской свиты.

От центральной наиболее поднятой части полусферы вертикально отходит соляной диапир. Вероятно, он достигал дневной поверхности в конце силура или на рубеже силура и девона. Ширина диапира зависит от объемов перемещенных верхнеусольских соленосных пород. Не исключено, что в формирование диапирового вала вовлекались соленосно-доломитовые породы верхнебельской подсвиты и ангарской свиты кембрия.

Поперечные сечения соляного диапирового вала существенно меняются по сейсмопрофилям. На северном его конце на двух профилях ширина

соляной подушки 13 км, высота около 1350 м. Отходящий вверх диапир шириной 1200–1400 м заполнен породами верхнеусольской подсвиты. С запада соляной вал ограничен Хырсантьевской ложбиной Усолкинского прогиба (рис. 4, а).

Далее на юг на расстоянии 25–27 км ширина диапира увеличена до 3,5–5,5 км, но Усолкинский прогиб представлен уже Тасеевской котловиной. Существенно меняется размер соляной подушки: ширина 20–23 км, высота – около 1000 м. Ширина диапира существенно увеличивается в горловине близ земной поверхности до 12 км (см. рис. 4, б). Затем на расстоянии 13–14 км диапир сужается до 2,7–3,0 км, ширина соляной подушки уменьшается до 12–14 км, но высота увеличивается до 1800 м (см. рис. 4, в).

Южнее диапир разделен на две части блоком осадочных пород шириной до 2 км. В результате проявились два диапировых тела шириной каждое 2–3 км. При этом ширина общей соляной подушки увеличивается до 23 км, но высота остается в пределах 1200 м. С запада соляной диапировый вал ограничен уже Струковской котловиной Усолкинского прогиба, глубина которой достигает 500 м (см. рис. 4, д).

Далее начинается южное окончание соляного диапира длиной 44 км. Соляной вал и диапир под острым углом подходят к восточному склону Канского массива и заканчиваются ближе к архейским интрузивам его основания. Соляная подушка диапира постепенно уменьшается (см. рис. 4, д). Ширина соляного вала 10–15 км, высота 500–1200 м. Горловина диапира сужается до 2000–2200 м. Последний раз диапир зафиксирован на профиле 61.01.07. Здесь ширина соляной линзы 9 км, высота 400 м, горловина 2000 м (см. рис. 4, е).

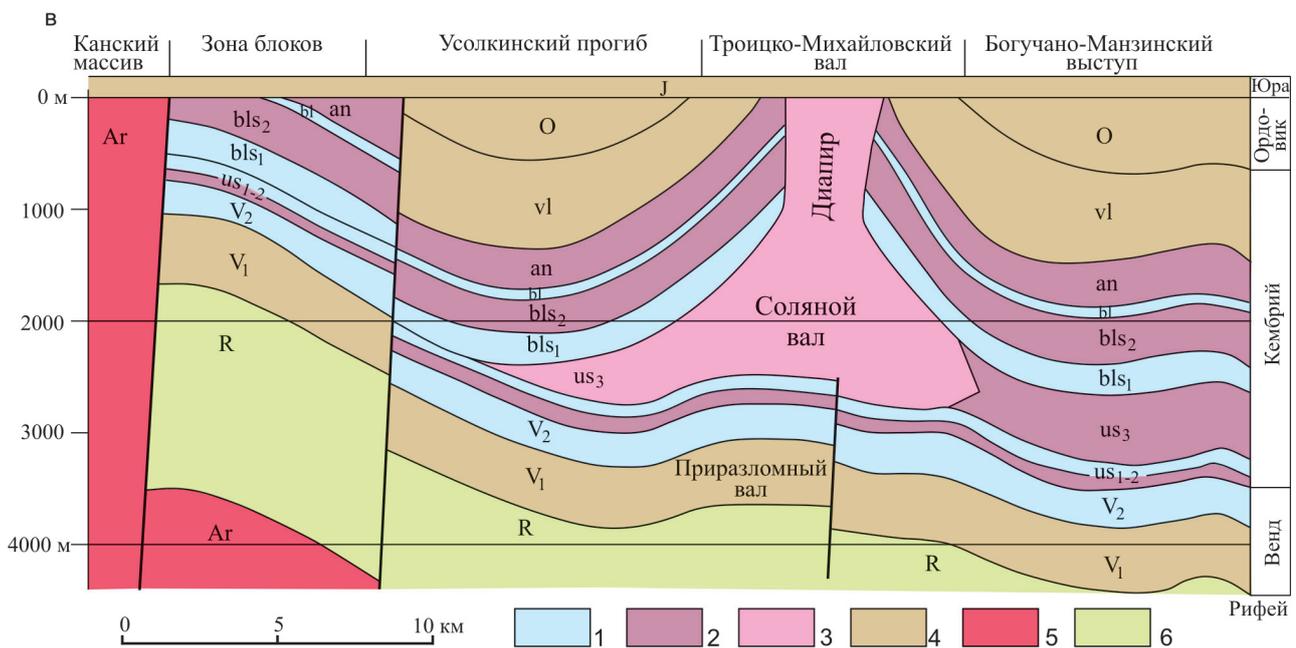
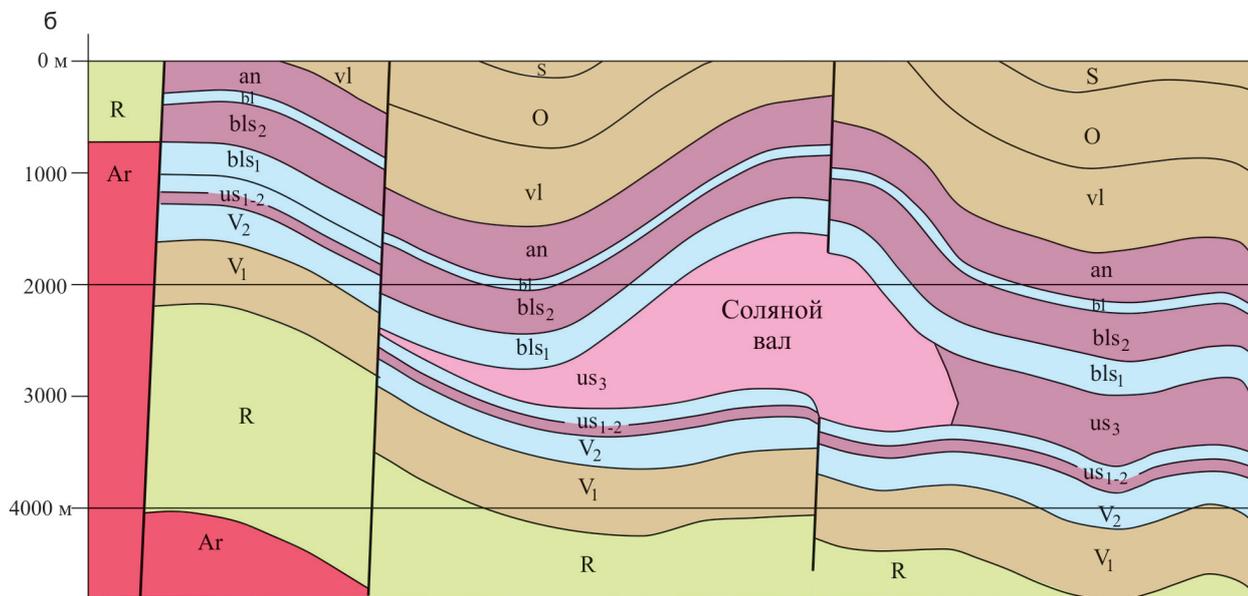
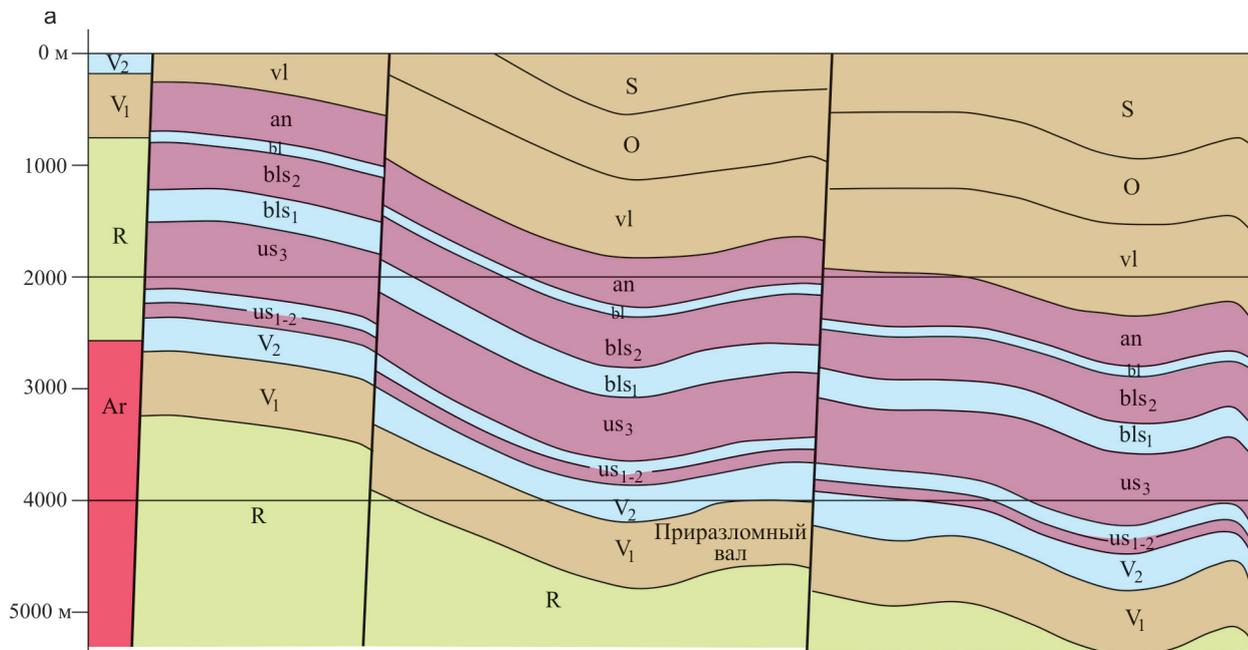
История формирования диапира вдоль оси Троицко-Михайловского вала

История формирования диапира на соляном валу стала понятной в результате сейсморазведочных работ с использованием скважин на площадях, находящихся в контуре вала.

Начало формирования диапира оценено по распространению палеозойских пород по его территории. По данным колонкового бурения, геологической съемки м-ба 1:200 000 и сейсморазведки 2006–2008 гг. вал формировался после ордовикского периода до начала девонского. Соляной диапир прорывает отложения кембрия и ордовика и перекрыт на севере породами карбона или юры, а на

Рис. 5. Этапы формирования соляных структур на Троицко-Михайловском валу: а – конец формирования приразломного вала, б – конец формирования соляного вала, в – современный разрез центральной части соляного диапирового вала

Литогеологический состав: 1 – карбонаты, 2 – соли и доломиты, 3 – соляная брекчия в валу и диапире, 4 – терригенные породы, 5 – породы фундамента, 6 – терригенные и карбонатные породы; Ar – архей, R – рифей, V – венд, us-1, us-2, us-3 – усольские подсвиты, bls-1, bls-2 – бельские подсвиты, bl – булайская свита, an – ангарская свита, vl – верхоленская свита, O – ордовик, S – силур, J – юра





юге – девона или юры (по данным геологической съемки).

Вал, на котором образовался диапир, заложился, вероятно, в конце силурийского периода. Видимо, в позднесилурийское время произошли подъем и горизонтальное перемещение с запада на восток Канского интрузивного массива, возникло горизонтальное давление на осадочный чехол запада Присаяно-Енисейской синеклизы. Началось формирование основных структур (с запада на восток): Предканской зоны блоков, Усолкинского прогиба и Троицко-Михайловского вала. Последний возник вдоль субмеридионального взброса с поднятым западным крылом, которое является основанием Троицко-Михайловского вала в интервале чехла от рифея и до осинской подсвиты кембрия включительно. Кроме того, одновременно началось образование котловин Усолкинского прогиба (рис. 5, а).

В итоге субгоризонтальное перемещение на восток западного окончания Присаяно-Енисейской синеклизы ограничилось вышеупомянутым взбросом. Но давление Канского массива усиливалось, и на западное поднятое крыло взброса началось перемещение толщ мощных солей и тонких карбонатов верхнеусольской подсвиты. Перемещение соленосных пород создало на западном крыле взброса подъем вышележащих пород кембрия и ордовика, образовалось полусферное вздутие амплитудой до 1500 м, охватившее частично и восточный погруженный борт взброса. Возник соляной субмеридиональный вал длиной до 110 км (см. рис. 5, б).

Дальнейшее перемещение под давлением с запада пород верхнеусольской свиты в субмеридиональный соляной вал привело к разрыву надусольских осадочных пород по субмеридиональному взбросу. Последняя часть перемещаемых пород верхнеусольской подсвиты и часть соляного вала заполнили и расширили образовавшийся разрыв, превратили его в диапировый вал, поднимаясь в щели диапира к земной поверхности. Ширина диапира по данным сейсморазведки 3–15 км (см. рис. 5, в).

Образование диапира на соляном валу разрядило тектонические напряжения по надвиганию Канского массива. Формирование Троицко-Михайловского соляного диапирового вала завершилось.

Выводы

По результатам дополнительной обработки материалов сейсморазведочных работ последних лет уточнено геологическое строение и этапы формирования сложного Троицко-Михайловского вала. В толщах рифея, венда и в низах усольской свиты кембрия зафиксирован приразломный вал амплитудой до 200 м, шириной до 10 км и длиной до 100 км. По оси вала выделяется ряд локальных структур, антиклиналей.

В толщах кембрия и ордовика вал становится соляным с диапиром в его осевой части, разорвавшим соленосную толщу нижнего кембрия и терригенные толщи среднего – верхнего кембрия и ордовика. За краями диапира породы кембрия подняты на 500–1200 м. Поднятые карбонатные свиты кембрия образуют амплитудные ловушки, экранированные солями диапира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геология** нефти и газа Сибирской платформы [Текст] / А. С. Анциферов, В. Е. Бакин, И. П. Варламов [и др.] ; под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова, А. А. Трофимука. – М. : Недра, 1981. – 552 с.
2. **Мегакомплексы** и глубинная структура земной коры нефтегазоносных провинций Сибирской платформы [Текст] / под ред. В. С. Суркова. – М. : Недра, 1987. – 203 с.
3. **Мельников, Н. В.** Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы (стратиграфия, история развития) [Текст] / Н. В. Мельников. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – 148 с.
4. **Сулимов, И. Н.** Геология и перспективы нефтегазоносности юго-запада Сибирской платформы [Текст] / И. Н. Сулимов. – Л. : Недра, 1966. – 167 с.
5. **Сулимов, И. Н.** Присаяно-Енисейский догерцинский краевой прогиб [Текст] / И. Н. Сулимов. – Л. : Недра, 1970. – 248 с.
6. **Фукс, Б. А.** Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности западной части Канско-Тасеевской впадины [Текст] / Б. А. Фукс // Геология и газонефтеносность Восточной Сибири. – М. : Недра, 1966. – С. 77–91.

REFERENCES

1. Antsiferov A.S., Bakin V.E., Varlamov I.P., et al. *Geologiya nefi i gaza Sibirskoy platformy* [Petroleum geology of the Siberian Platform]. A.E.Kontorovich, V.S.Surkov, A.A.Trofimuk eds. Moscow, Nedra Publ., 1981. 552 p. (In Russ.).
2. Surkov V.S. eds. *Megakompleksy i glubinnaya struktura zemnoy kory neftegazonosnykh provintsiy Sibirskoy platformy* [Megacomplexes and deep structure of the Earth's crust of petroleum provinces of the Siberian Platform]. Moscow, Nedra Publ., 1987. 203 p. (In Russ.).
3. Melnikov N.V. *Vend-kembriyskiy solenosnyy basseyn Sibirskoy platformy (stratigrafiya, istoriya razvitiya)* [The Vendian-Cambrian salt-bearing basin of the Siberian Platform (stratigraphy and evolution)]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2009. 148 p. (In Russ.).
4. Sulimov I.N. *Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti yugo-zapada Sibirskoy platformy* [Geology and petroleum potential of the southwestern Siberian Platform]. Leningrad, Nedra Publ., 1966. 167 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 part of the Kama-Taseeva depression]. *Geologiya i gazoneftenosnost' Vostochnoy Sibiri* [Geology and petroleum content of Eastern Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1966, pp. 77–91. (In Russ.).

noy Sibiri [Geology and petroleum content of Eastern Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1966, pp. 77–91. (In Russ.).

© Н. В. Мельников, А. С. Ефимов, В. Н. Беспечный, 2016

МЕЛЬНИКОВ Николай Владимирович, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, гл. науч. сотр., д.г.-м.н., проф. *E-mail: ogsp@sniiggims.ru*

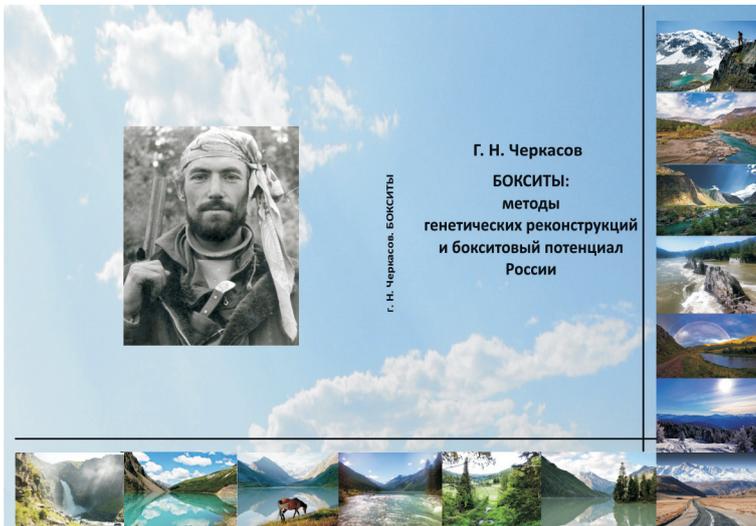
ЕФИМОВ Аркадий Сергеевич, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, генеральный директор. *E-mail: efas@sniiggims.ru*

БЕСПЕЧНЫЙ Владимир Николаевич, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, завлабораторией. *E-mail: bespechnyy@sniiggims.ru*

MELNIKOV Nikolay, DSc, Professor, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: ogsp@sniiggims.ru*

EFIMOV Arkady, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: efas@sniiggims.ru*

BESPECHNY Vladimir, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGGiMS), Novosibirsk, Russia. *E-mail: bespechnyy@sniiggims.ru*



В 2015 г. в АО «СНИИГГиМС» (Новосибирск) вышла монография Г. Н. Черкасова

«Бокситы: методы генетических реконструкций и бокситовый потенциал России»

Бокситы пока остаются основной рудой для производства глинозема. Громадные затраты на поиски крупных месторождений бокситов латеритного типа в 1960–1970-х гг. в СССР результатов не дали. Генетический анализ российских и зарубежных (в том числе и «классических латеритных» тропической Африки) с геологических, физико-химических, палеоклиматических и тектонических позиций позволил заявить об отсутствии статуса латеритных у всех бокситов мира. Более того, физико-химический анализ на молекулярном уровне метеорных вод планеты выявил невозможность в условиях даже тропического климата Земли образования химических кор выветривания. Использование автором новых исследовательских методов с применением изотопии и термобарогеохимии минералов бокситов однозначно установило их эндогенную природу и генетическую связь как с эпохами основного вулканизма щелочной ветви, так и с эпохами щелочного гранитоидного магматизма. Исходя из новой парадигмы бокситообразования, автор заявляет о недоразведанности многих мезозойских бокситопроявлений Сибири, особенно среднетриасовых бокситов юго-западного и южного Прианбарья. Здесь при поисковых работах с привлечением новой парадигмы бокситообразования можно обнаружить два месторождения по 80–100 млн т высококачественных бокситов. А современное формирование ложковой залежи высококачественных хемогенно-осадочных бокситов на юге Красноярского края однозначно объясняет природу североонежских и тихвинских месторождений бокситов Русской платформы. Бокситовый потенциал России составляют 58 месторождений с общими утвержденными запасами разных категорий 1788,573 млн т. Однако большинство месторождений содержит бокситы низкого качества, залегает в трудных горно-технических условиях и удалены от транспортных путей, поэтому проблема глиноземного сырья России остается не решенной.