



ГЕОДИНАМИКА КАЛЕДОНСКОЙ БАЙКАЛО-ПАТОМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПРЕДПАТОМСКОГО ПЕРИКРАТОННОГО ПРОГИБА

Ф. А. Мигурский

Вероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, Москва, Россия

Полученные в последние годы материалы глубинных сейсмических наблюдений МОГТ по р. Витим, результаты нескольких полевых сезонов, привлечение данных по глубинному строению складчатых поясов мира и использование результатов физического моделирования позволили построить трехмерную геодинамическую модель Байкало-Патомской складчатой области и связанного с ней Предпатомского перикратонного прогиба. Основные ее характеристики: надвигово-поддвиговый характер, многочисленные в различной степени преобразованные дуплексные сгуживания, каледонский возраст, весьма высокая степень денудированности в южной части, уничтожившей в районе оз. Байкал верхние аллохтонные надвиговые пластины и обнажившей узкие глубинные корневые зоны, широкое развитие метагенетических процессов, сформировавших тектонокластические толщи. Аналоги месторождений УВ в южной части перикратонной области, в том числе таких гигантов, как Ковыктинское газоконденсатное, могут быть обнаружены севернее в автохтонных базальных терригенных вендских продуктивных горизонтах под аллохтонными пластинами. Латеральные перемещения крупных тектонических пластин, миграция флюидов на расстояние свыше 200 км позволяют подтвердить представления о высоких нефтегазовых перспективах авто- и аллохтонных интервалов осадочного чехла Предпатомской нефтегазональной области.

Ключевые слова: Байкало-Патомская складчатая область, Предпатомский перикратонный прогиб, Предпатомская нефтегазональная область, геологическая съемка, геодинамическая модель, перспективы нефтегазональности.

GEODYNAMICS OF THE CALEDONIAN BAIKAL-PATOM FOLDED REGION AND ITS INFLUENCE ON THE PETROLEUM POTENTIAL OF THE PRE-PATOM PERICRATONIC TROUGH

F. A. Migurskiy

All-Russian Petroleum Research Exploration Institute, Moscow, Russia

A three-dimensional geodynamical model of the Baikal-Patom folded region and associated Pre-Patom pericratonic trough was developed using materials obtained in recent years from deep seismic observations of the CDPM along the Vitim River, results of several field seasons, involving data on the deep structure of folded belts of the world as well as the results of physical modeling. Its main characteristics are thrust-underthrust character, numerous, to varying degrees reworked duplex pileups, the Caledonian age, a very high degree of denudation in the southern part, which destroyed the upper allochthonous thrust plates in the area of Lake Baikal and exposed narrow, deep, root zones, extensive development of metagenetic processes that formed tectonoclastic strata. Analogues of hydrocarbon deposits in the southern part of the pericratonic area, including such giants as the Kovyktinskoye gas condensate field, can be found further north in autochthonous basal terrigenous Vendian productive horizons under allochthonous plates. Lateral movements of large tectonic plates, fluid migration over a distance of over 200 km allow researchers to confirm the high oil-and-gas prospects of the auto- and allochthonous intervals of the sedimentary cover of the Pre-Patom petroleum area.

Keywords: Baikal-Patom folded region, Pre-Patom pericratonic trough, Pre-Patom petroleum area, geological survey, geodynamical model, oil-and-gas prospects.

DOI 10.20403/2078-0575-2022-3-3-16

Байкало-Патомская складчатая область в соответствии с тектоническими картами ВСЕГЕИ 2014 г. расположена на юго-востоке Сибирской платформы. Согласно тектоническому и нефтегазогеологическому районированию СНИИГГиМС (2019 г.) ее северо-западная часть наполовину перекрывает контуры Предпатомского регионального (перикратонного [13]) прогиба и, соответственно, Предпатомской нефтегазональной области. На протяжении последних десятилетий по мере поступления новых геолого-геофизических данных различные оценки перспектив нефтегазональности этой территории

постоянно увеличивались, не будучи подкреплены достоверными геологическими моделями [13]. Степень изученности и сложный характер дислоцированности до последнего времени не позволяли создать адекватную тектоническую модель юго-востока Сибирской платформы и ее складчатого обрамления, основываясь исключительно на местных наблюдениях.

В первых исследованиях Прибайкальских гор П. А. Кропоткин, И. Д. Черский, В. А. Обручев обосновали точку зрения о древнейшем докембрийском возрасте пород. На ее основе Э. Зюсс

в начале XX в. сформулировал модель так называемого Древнего теменн Ази. В соответствии с ней наиболее ранними образованиями Азии были кристаллические в Южной Сибири, на периферийных позднейших опусканиях которых формировались осадочные слои палеозойской платформы. Это мнение легло в основу тектонической школы отечественных геологов, которую можно назвать школой Зюсса–Обручева.

Несколькими годами позже Луи де Лоне выдвинул противоположную гипотезу, применив к территории, выделяемой в границах, близких к сегодняшним границам Сибирской платформы, термин «примитивная платформа» (или первичная платформа). Именно ее он считал древнейшим образованием, по окраинам которого позже формировались разновозрастные складчатые пояса. Юго-восточная периферия в таком случае имела каледонский возраст, поскольку дислоцированными оказались образования силура и, вероятно, девона. Этим взглядам в дальнейшем придерживались такие видные геологи, как А. А. Борисяк, М. М. Тетяев, Н. С. Шатский. Последний в 1936 г. сформулировал важнейший тезис: «...Огромная область, ограничивающая платформу с юго-востока и юга, одними учеными считается аналогом древних докембрийских щитов типа Балтийского; другими доказываются, что она представляет более молодое образование – складчатую зону каледонского возраста. Для понимания тектоники платформы этот вопрос является по существу одним из основных» [20].

Именно Николай Семенович Шатский, хотя и являлся последователем этой школы, пересмотрел возраст складчатости региона в сторону его удревнения относительно взглядов де Лоне. Он выдвинул предположение о байкальском орогенезе, предшествующем кембрийскому периоду, тем самым совершив первый шаг в сторону гипотезы Зюсса. Хотя в то время уже было известно о многочисленных находках археоциат в Байкало-Патомском нагорье, акад. Н. С. Шатский, основываясь на наличии под кембрийскими «ленскими» известняками грубообломочных образований ушаковской свиты, которые он справедливо считал синорогенными, сделал предположение о докембрийско-раннекембрийском тектогенезе в условиях островного моря [10, 20]. Его последователи стали считать байкальскую складчатость сугубо позднедокембрийской [4, 10], тем самым практически вернувшись к гипотезе Обручева–Зюсса. Некоторые исследователи продолжали доказывать каледонский возраст, но не всей складчатой области, а лишь ее фрагментов, основываясь преимущественно на увеличении количества находок раннепалеозойской фауны в результате съемочных работ [3]. При этом все созданные до 1980-х гг. модели подразумевали «фиксистский» геосинклинальный характер развития складчатой области, предполагавший к тому же возможности так называемых тектоно-магматических активиза-

ций. С учетом считающихся до сегодняшних дней неоспоримо архей-карельскими возрастными массивов кристаллических высокометаморфизованных толщ это практически целиком выхолостило первоначальные идеи де Лоне о полностью каледонском возрасте единого складчатого пояса, оставив такую возможность лишь для его локальных фрагментов [4, 7, 8, 25, 30].

Авторы отдельных, более современных, работ с применением понятий плитной тектоники (литосферные блоки, плюмы и т. п.) продолжают доказывать глубокие корни тектоно-вулканогенных структур значительных и определяющих частей Байкало-Патомского складчатого пояса, тем самым отрицая «масштабные горизонтальные перемещения литосферных блоков» [5].

В большей степени обоснованными и во многом соответствующими представлениям автора статьи выглядят исследования, предполагающие значительные надвигания шарьяжных пластин [1, 16]. При этом, вероятно, у авторов указанных работ не было необходимых геофизических данных, что не позволило им увязать особенности закартированных геологической съемкой тектоно-метаморфогенных зон в единой складчато-надвиговой модели Байкало-Патомского пояса.

В части современных исследований присутствуют подобные противоречия [7]. С одной стороны, признается значительная надвиговая составляющая структуры орогена, с другой – устанавливается автохтонный корневой характер его важнейшей части: считающегося древним карельского Ачитканского вулканогенного (складчатого) пояса и архейских блоков фундамента в его составе и вне его [15, 25]. Сама Байкало-Патомская складчатая область в этих трудах представляет собой, вероятно, бессистемную мозаику фрагментов карельской, байкальской, каледонской складчатости и архейского фундамента, изменяющую конфигурацию даже в разных работах одних и тех же авторов [7, 25].

Как итог, Байкало-Патомская складчатая область, по представлениям сотрудников ВСЕГЕИ, сформировалась до начала рифея и была затем тектонически переработана (?) в каледонскую эпоху [3]. Фактически в главных чертах эти современные представления являются возвратом к взглядам школы Зюсса–Обручева и существенно противоречат стадийности цикла Уилсона, плитотектонической теории в целом и материалам полевых наблюдений последних лет. Складчато-надвиговая модель глубинного строения территории в виде геологического разреза с элементами нефтегазоносности (лист О-49 ГК-1000 третьего поколения, ВСЕГЕИ), вероятно, по этой причине отличается весьма поверхностной проработкой [9, 13].

Попытка соединить разрозненные и плохо согласованные представления отечественных геологов на основе западных плитотектонических построений [23], видимо, также не может быть признана

удачной, поскольку результирующие разрезы, выводящие на поверхность фундамент в зоне хинтерленда, противоречат геофизическим данным и закономерностям строения складчатых поясов [21, 28].

Во многом перечисленные проблемы носят объективный характер и объясняются особенностями геологии описываемого региона. В отличие от более молодых хорошо изученных складчатых областей мира [21, 28], осадочный чехол Предпатомского прогиба и особенно Байкало-Патомской складчатой области в значительной степени сложен палеонтологически проблемно коррелируемыми древними толщами, вероятно позднепротерозойского возраста. Седиментогенная слоистость часто слабо выражена, в большинстве случаев уничтожена последующими тектоно-метаморфическими процессами, широко проявленным прогрессивным и регрессивным метаморфизмом. Картирование и стратиграфическая корреляция подобных образований выполнены во многом на основе литологических сопоставлений. Значительную путаницу вносят не совсем корректные интерпретации датировок абсолютного возраста.

До настоящего времени, несмотря на широко признаваемое масштабное надвигообразование [1, 9, 13], не установлены глубины погружения кровли кристаллического фундамента под надвиги. Отсутствуют представления о морфологии и количестве надвиговых пластин, их толщинах и глубинном строении. Слабо изучены масштабы надвигания складчатых образований на осадочный чехол. Минимальны данные о глубинном поднадвиговом составе и строении автохтона.

При этом геологами-съемщиками закартированы и районированы основные блоки разновозрастных в различной степени метаморфизованных образований, характеризующихся резко различающейся минерацией, набором осадочных, магматических и метаморфических формаций [9].

На значительной части территории установлен надвиговой характер тектонического сочленения этих блоков. Результаты геолого-тектонической интерпретации имеющихся опубликованных данных и собственных полевых наблюдений в бассейнах рр. Большая Чуя, Чая и Чечуй по берегам оз. Байкал и прилегающих районов доказывают широкое развитие поддвигов – обратных (со стороны чехла платформы) надвигов [11, 12]. Это можно проиллюстрировать построенной нами геологической моделью вдоль профиля точечных сейсмических зондирований (ТСЗ) III–III вкрест простирания фаса Байкало-Патомского нагорья (рис. 1).

Основные особенности геологического строения изученной территории определяются сгруживанием компетентных толщ верхневендско-нижнекембрийских карбонатов при пластичном облекании сформированных дуплексных структур галогенными породами. Другая ситуация, характерная для Предпатомского прогиба, – нагнетание солей

в ядра жестких карбонатных складок. Часто такие раздвиги ошибочно интерпретируются как результат диапиризма, являясь на самом деле следствием начальной стадии формирования валов и дуплексов сгруживания. Подобная структурная эволюция при дальнейшем развитии сопровождается формированием большого количества обратных элементов залегания, связанных с лежащими крыльями опрокинутых антиклиналей и висячими крыльями лежащих синклиналей и т. п.

Опрокинутое залегание слоев достаточно уверенно диагностируется по характеру сочленения и соотношению разновозрастных пород, а особенно по перевернутому характеру строматолитовых построек и мелких водорослевых текстур. Карбонаты и дуплексные сгруживания характеризуются зонами повышенных скоростей на разрезах ТСЗ. Относительно пониженные скорости свойственны соленосным и выщелоченным толщам нижнего кембрия и, возможно, образованиям более молодого возраста. Дуплексы, сформированные сгруживаниями жестких карбонатных толщ по системе надвигов и поддвигов, часто имеют в своем составе лежащие и опрокинутые складки. Подобные структуры обнажены в предгорной области, где они плохо интерпретируются вследствие высокой степени нарушения. Наглядно такие формы выражены в более молодых нижнекембрийских толщах на удалении от фаса нагорья в долинах крупных рек (рис. 2).

На разрезах ТСЗ (см. рис. 1) зафиксирована отражающая сейсмические волны поверхность на глубине около 1,5 км под складчатыми образованиями Байкало-Патомской складчатой области. Ниже этой поверхности упругие колебания распространяются слабо, что, вероятнее всего, говорит о наличии менее скоростных пород под высокоскоростной кристаллической пластиной. Полученные результаты хорошо увязываются с представлениями о шарьяжной природе Аkitканского «поднятия» [1] и позволяют количественно оценить толщину надвинутых пластин в 1,5–2 км. При этом, как и для других шарьяжей, фронт надвига имеет вдвиговое, инденторное строение, и индентор до настоящего времени, видимо, не уничтожен денудацией. Ограничение инденторной зоны или вдвигового клина подчеркивается голоустенскими кварцитами, фиксируемыми вдоль всего фаса южной и центральной частей нагорья [12]. Таким образом, данные ТСЗ после учета геологических особенностей строения Предпатомского прогиба могут быть весьма информативными, что позволит достаточно обоснованно ответить на многие вопросы касательно его тектоники.

Раннепалеозойский (вероятно, ордовик-силурийский возраст) главной фазы активных коллизионных событий Байкало-Патомского складчатого пояса может быть с высокой долей уверенности установлен в соответствии с наиболее точно определенным ордовик-силурийским абсолютным возрастом в значительной степени мигматитового

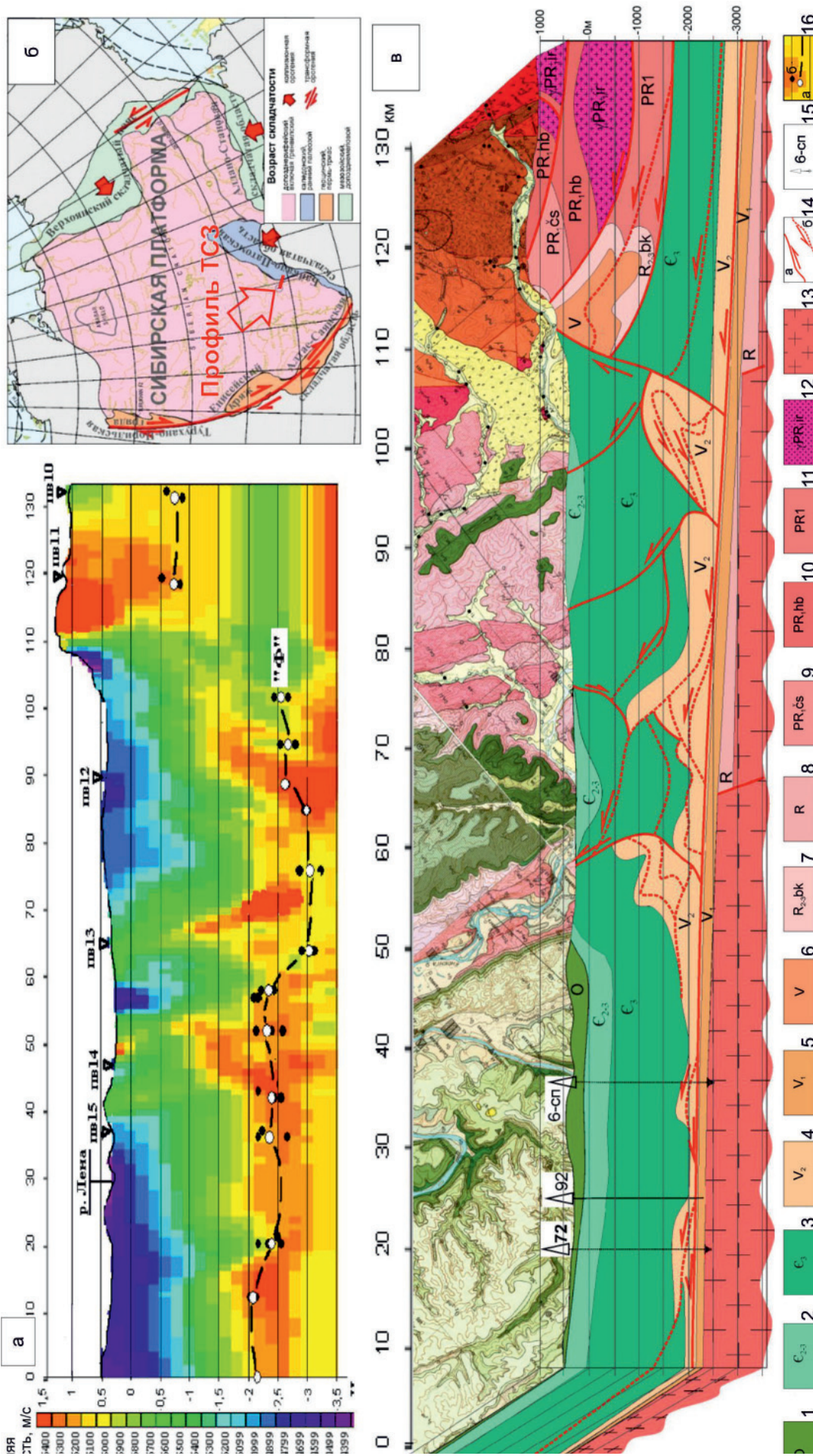


Рис. 1. Геологическая модель вдоль профиля ТСЗ III–III вкостр простирания фаса Байкало-Патомского нагорья: а – профиль ТСЗ III–III (ПГО «Иркутскгеофизика», 1989); б – положение профиля ТСЗ на обзорной карте; в – геологическая модель по профилю ТСЗ III–III

Отложения: 1 – ордовикские преимущественно терригенные, 2 – средне-верхнекембрийские карбонатно-терригенные, 3 – нижнекембрийские соленосно-карбонатные, 4 – верхнедевонские карбонатные, 5 – нижнедевонские терригенные, 6 – вендские нерасчлененные; 7 – рифейский байкальский комплекс терригенно-карбонатный; 8 – рифей нерасчлененный; 9 – чайская свита, нижний протерозой, вулканогенно-терригенная; 10 – хибелинская свита, нижний протерозой, преимущественно вулканогенная; 11 – нижний протерозой нерасчлененный; 12 – ирельский комплекс гранитоидов, нижний протерозой; 13 – кристаллический фундамент платформ; 14 – сместители разломов с направлением смещения: а – интерпретируемые по данным геологической съемки и ТСЗ, б – предполагаемые; 15 – глубокие скважины; 16 – отметки преломляющей границы: а – средние, б – наблюдаемые

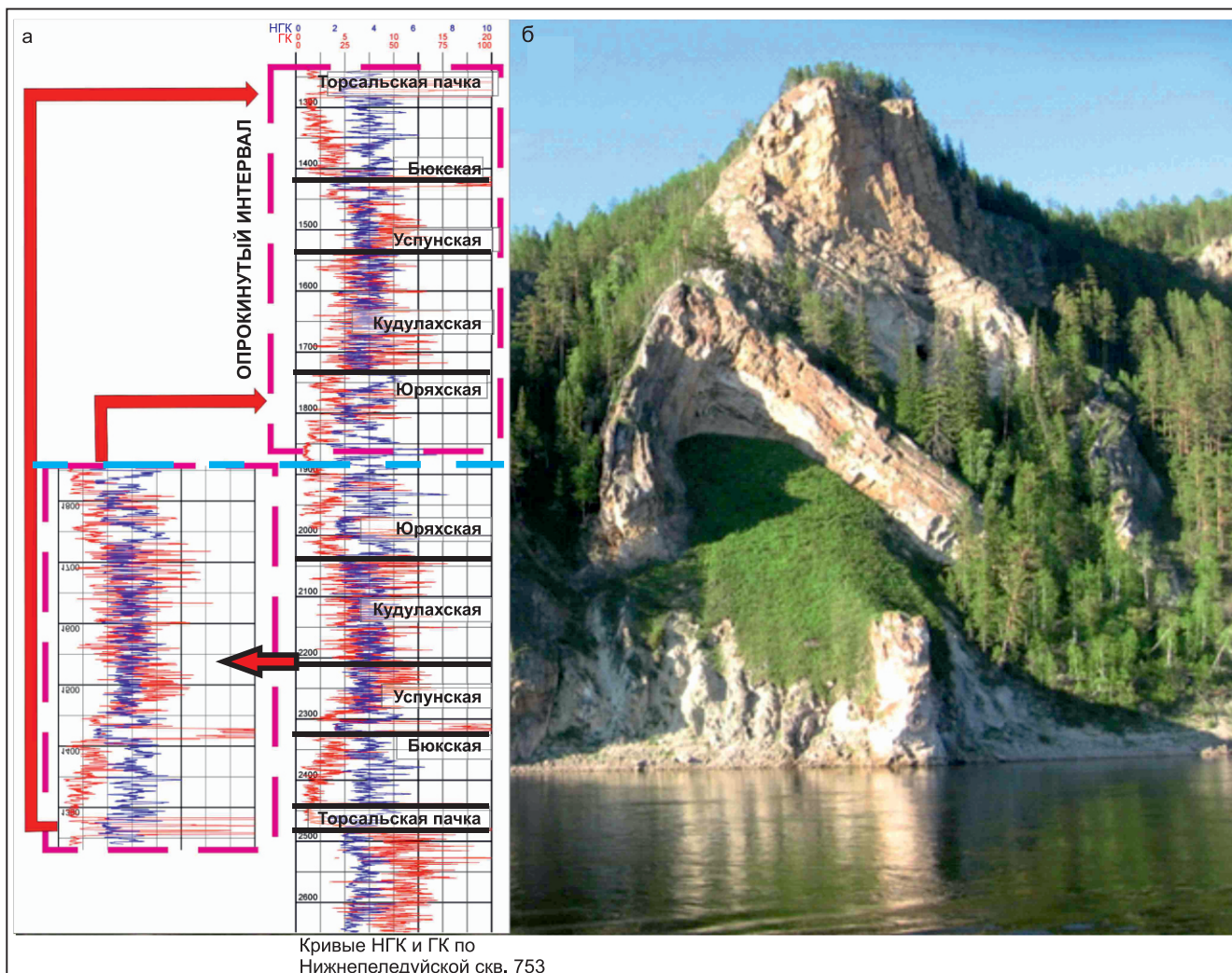


Рис. 2. Опрокинутые складки в Пеледуйской скв. 753 (а) и в отложениях лимпейской свиты, правый берег р. Лена в 12 км по прямой к северо-востоку от Частинских скважин (б)

мамского (на старых картах мамско-оронского) гранитоидного комплекса, а также на основании резко несогласного залегания существенно кластогенных красноцветных проблемных девонских (?) образований орночеканской свиты (карты О-49 и N-49 ГК-1000 третьего поколения) [9].

Главная поверхность срыва в центральной части Байкало-Патомской области проходит на глубине около 3 км, полого погружается на юго-восток и, видимо, может быть приурочена к торсальским солям верхнего венда тирского стратиграфического горизонта. Ниже этого уровня горизонты автохтонного блока также моноκлиально погружаются на юго-восток и дислоцированы в гораздо меньшей степени. Выше происходит срыв вендских толщ и их сгуживание в виде многократно повторяющихся разновозрастных пластин. Это хорошо иллюстрируется сдвоенным перевернутым интервалом карбонатного венда в Нижнепеледуйской скв. 753 (см. рис. 2). На удалении от фаса нагорья сдвоение и более частое тектоническое пакетирование повторяющихся интервалов (реже – перевернутое залегание) фиксируются по результатам описания керна и интерпретации

каротажа в скважинах Отраднинских 314-2, 314-3 и Суларской 2420.

Подобные дуплексные структуры сгуживания, вдвиговые клинья или инденторы в их фронтальной части, наблюдаемые на сейсмических разрезах как весьма запоминающиеся образы типа «клюва» или «рыбьего хвоста», вероятно, являются универсальным признаком фронта шарьяжных пластин (рис. 3). Ближе к фасу складчатой области сгуживание сопровождается активным расщеплением, тектоногенным образованием глин, в первую очередь так называемых чешуйчатых глин (scaly clay). Масштабы этого процесса, как представляется, весьма недооцениваются [30]. В любом случае в Предпатомском прогибе, как и во многих других складчатых поясах, устанавливаются так называемые пластические дуплексы, или машвэды (mushwad), – гигантские антиформы, сложенные слабометаморфизованными карбонатами и глинистыми сланцами. Подобные структуры демонстрируют повышенные содержания органического углерода и являются перспективными газоносными объектами [24]. Примером таких образований могут быть сланцы качергатской свиты, вскрытые При-

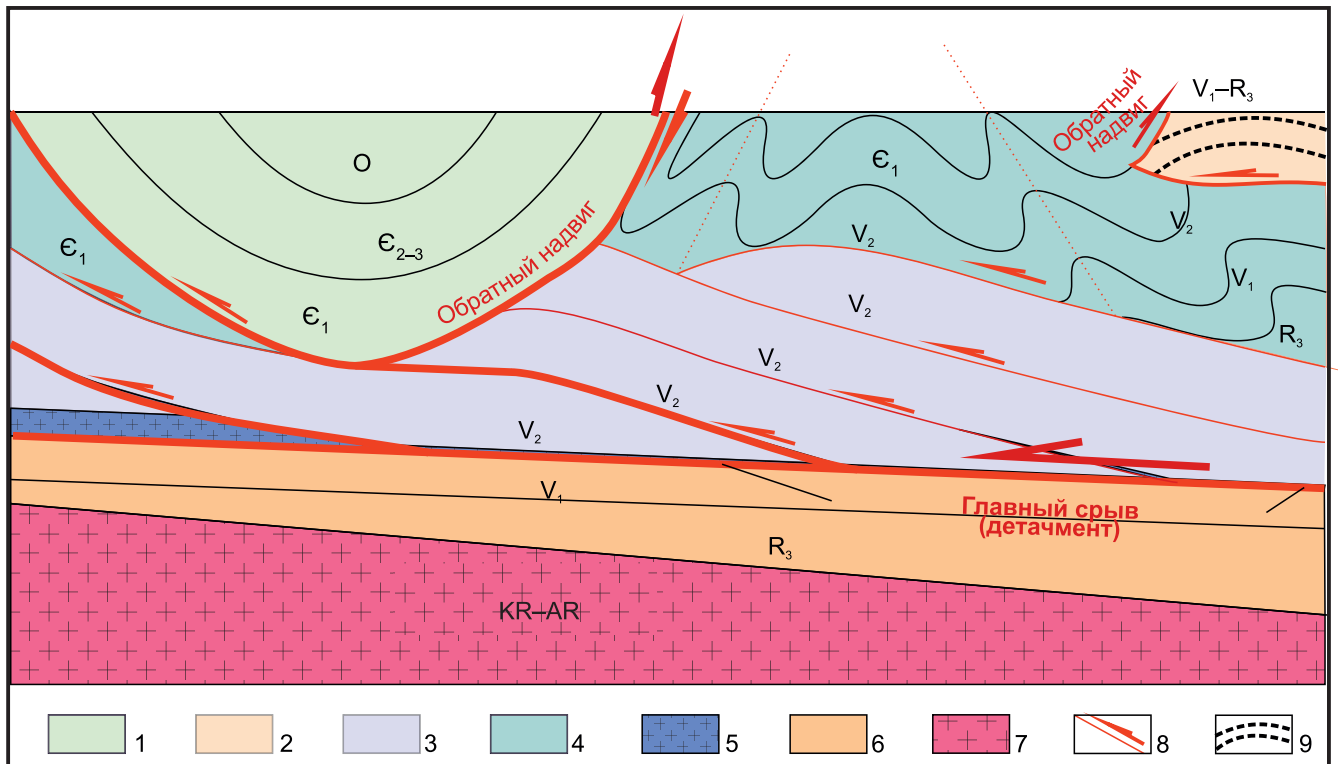


Рис. 3. Принципиальная модель строения сложно построенного прискладчатого комплекса осадочного чехла Предпатомского прогиба

1 – фронтальная синклинали; 2 – шарьяж складчатого обрамления, метаморфизованные толщи, в том числе принимаемые за байкальский комплекс; 3 – сгруживание чешуй карбонатного межсолового венда; 4 – интенсивно дислоцированный сжатый венд-кембрийский блок; 5 – тирские (торсальские) соли; 6 – осадочный автохтон; 7 – кристаллическое основание; 8 – сместители разрывов с указанием смещения; 9 – вторичная метагенетическая зональность

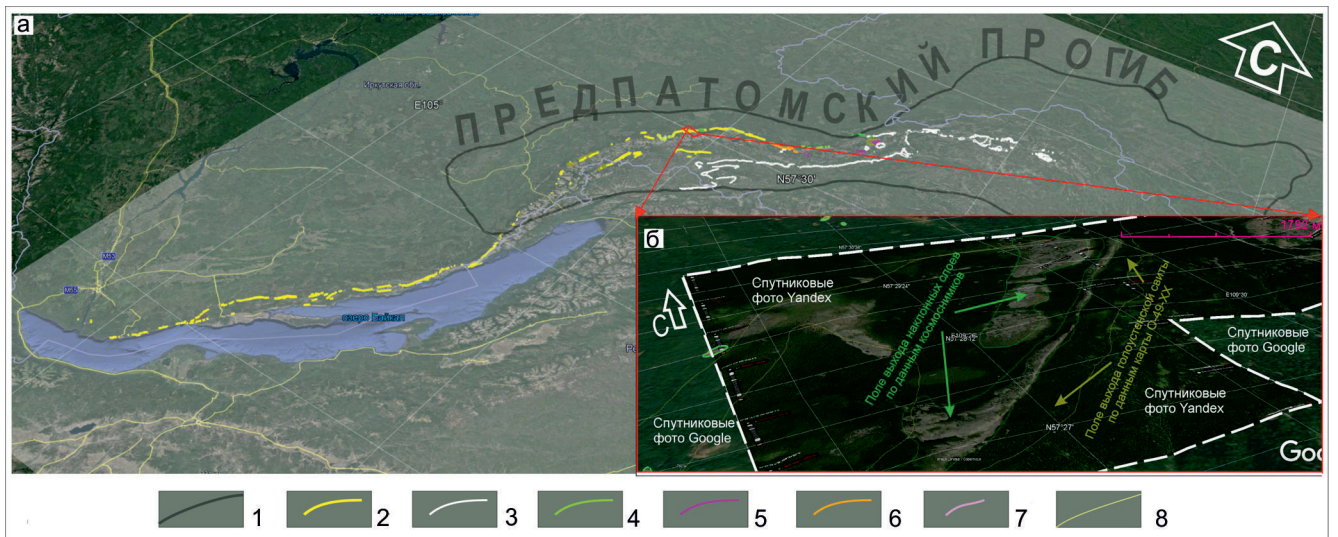


Рис. 4. Выходы на поверхность тектонокластических толщ Предпатомского прогиба и Прибайкалья: а – вся складчатая область, б – междуречье Чаи и Чечуя

1 – границы Предпатомского перикратонного прогиба; 2–7 – выходы на поверхность: 2 – голоустенской свиты и нижней подсвиты голоустенской свиты в Прибайкалье, 3 – пурпольской и чукчинской свит, местами нерасчлененной тепторгинской серии, 4 – дешифрованные по космоснимкам выходы тектонокластитов, 5 – ченчинской свиты, 6 – кумахулахской свиты, 7 – нижней подсериции патомской серии; 8 – автодороги

байкальской скв. 1 в весьма хаотичном залегании на глубину более 2 км.

Во фронтальной зоне наиболее метаморфизованных сгруживаний ближе к складчатой области тектоническая поверхность, по сути, пред-

ставляющая собой обратный надвиг, выполнена тектонокластическими толщами мощностью иногда более 100 м. Тектонокластиты представляют собой образования проблемного, малоизученного генезиса. Вероятно, они не могут быть причис-



лены ни к типичным катаклазитами, ни тем более к бластомилонитам. В них широко проявились метасоматические процессы кремнекислотной перекристаллизации, сформировавшей практически чистые кварцевые псевдопесчаники и псевдогравелиты [12]. Анализ геологических структур Предпатомского прогиба и результаты полевых работ ВНИГНИ по рр. Чечуй и Чая (2018 и 2019 гг.) [11, 12] показывают, что значительные углы наклона таких «голоуспенских песчаников», азимуты их падения, согласные элементам залегания метаморфитов актиканской серии и секущие тинтрузивные толщи, свидетельствуют в пользу их тектонокластической природы (рис. 4, б). Установлено преимущественно обратное (от фаса надвигов) падение кластических толщ, обусловленное приуроченностью их к обратным надвигам или поддвигам. Подобное строение сопровождается парагенезом отдельных шарьяжных пластин с достаточно крупными брахиформными и линейными синклиналями, сформированными перед фронтом пододвигания (рис. 5).

Частая рыжая «оспенная» ожелезненность, использованная съемщиками в качестве маркирующего признака голоуспенских кварцитов, вероятно, свидетельствует об их генетической связи с типичными железистыми кварцитами, которые наблюдаются в аллохтонных метаморфических пластинах ближе к центральной (осевой) части Байкало-Патомской складчатой области [12].

В созданном для анализа комплексных данных (в программе Google Earth) интерпретационном проекте земной поверхности на трехмерной основе совмещены спутниковые снимки из различных доступных систем (Google, Bing и Yandex), геологические карты м-бов 1:200 000 и 1:1 000 000, данные собственных полевых наблюдений 2018 и 2019 гг. по рр. Чечуй и Чая [11, 12] и расположение линий сейсмических профилей. Одним из главных способов интерпретации стало вынесение на спутниковую основу закартированных выходов проблемных тектонокластических образований (см. рис. 4), которые хорошо маркируют зоны главных плоскостей смещения тектонических пластин относительно друг друга. По ним происходит смена различных формационных комплексов. Они достаточно уверенно дешифрируются с помощью анализа космоснимков. Результаты дешифрирования коррелируют не только с полевыми наблюдениями ВНИГНИ (по р. Чечуй в 2018 г., по р. Чая в 2019 г., в верховьях рр. Чанчур и Булгары в 2020 г., по р. Большая Чая в 2021 г.), но и с минерагеническим зонированием к картам м-ба 1:1 000 000, а также с материалами геофизических наблюдений, в первую очередь сейсмических профилей.

В 2016 г. по результатам наших исследований (объект государственного заказа 7Ф-14) было предложено проведение сейсмических наблюдений, увязанных с работами по глубинному сейсмическо-

му речному профилю по р. Витим с пересечением основных структур юго-юго-восточного складчатого обрамления Сибирской платформы. Профиль «Витим» (2019 г.) впервые показал картину внутренней весьма сложно построенной части чехла Предпатомского перикратонного прогиба глубиной до 6,5 с во временном масштабе. На всем его маршруте нет ни одной скважины, однако относительно крутые углы выхода стратифицированных толщ позволяют увязать поверхностную геологию с сейсмической картиной и восстановить геологическое строение участка. Имеется всего один региональный сейсмический профиль «Батолит», пересекающий профиль «Витим» на р. Лена в 4 км ниже устья р. Витим. Кроме того, сейсмическая картина хорошо увязывается с данными интерпретации МТЗ по профилю 1-СБ.

Приблизительно от устья р. Верхняя Язовая и вверх по течению р. Витим на поверхности в тальвеге и склонах долины обнажается тектонический покров, сложенный гранито-гнейсами, часто горизонтально плитчатыми, очковой текстуры. На основании временной картины и вскрытия в тальвеге р. Витим подстилающих этот покров толщ, сложенных конгломератами витимской свиты, можно предположить, что его подошва залегает весьма неглубоко и имеет субгоризонтальный характер (см. рис. 5). Наиболее преобразованная, вероятно, осевая зона лежачей складки представляет собой типичные стратиформные, или синкинематические граниты по Э. Рагену [14].

Другим подтверждением этого факта является наличие в 13 км на запад от профиля «Витим» Лакатыкского и Барагдинского тектонических окон, в которых обнажаются верхнерифейско-вендские толщи (рис. 6). Результаты полевых исследований ВНИГНИ в 2021 г. гранито-гнейсового покрова на р. Большая Чая выше устья р. Медвежевка свидетельствуют о вдвиговом, клиновидном строении его фронта, маркируемого кварцитами пурпольской свиты, падающими под углом 65° по азимуту 315°. Такое же вдвиговое строение относительно тонкой пластины гранитов показано и в работе В. К. Александрова [1].

Как уже отмечалось, количество сейсмических профилей, отработанных через юго-юго-восточную периферию Сибирской платформы, невелико, а их качество относительно низкое. Наряду с профилем по р. Витим качеством материала и информативностью выделяется сейсмопрофиль от Ковыктинской глубокой скв. 63 до Прибайкальского прогиба («Ковыкта–Прибайкалье») в непосредственной близости от скважин Нотайской 271 и Покровской 141. Кроме того, это ближайший к Прибайкальской скв. 1 сейсмический разрез с поддающейся интерпретации временной картиной.

На профиле «Ковыкта–Прибайкалье», так же как и на профиле «Витим», в южной прискладчатой части в районе пикетов CDP 7042–7442 ясно дешиф-

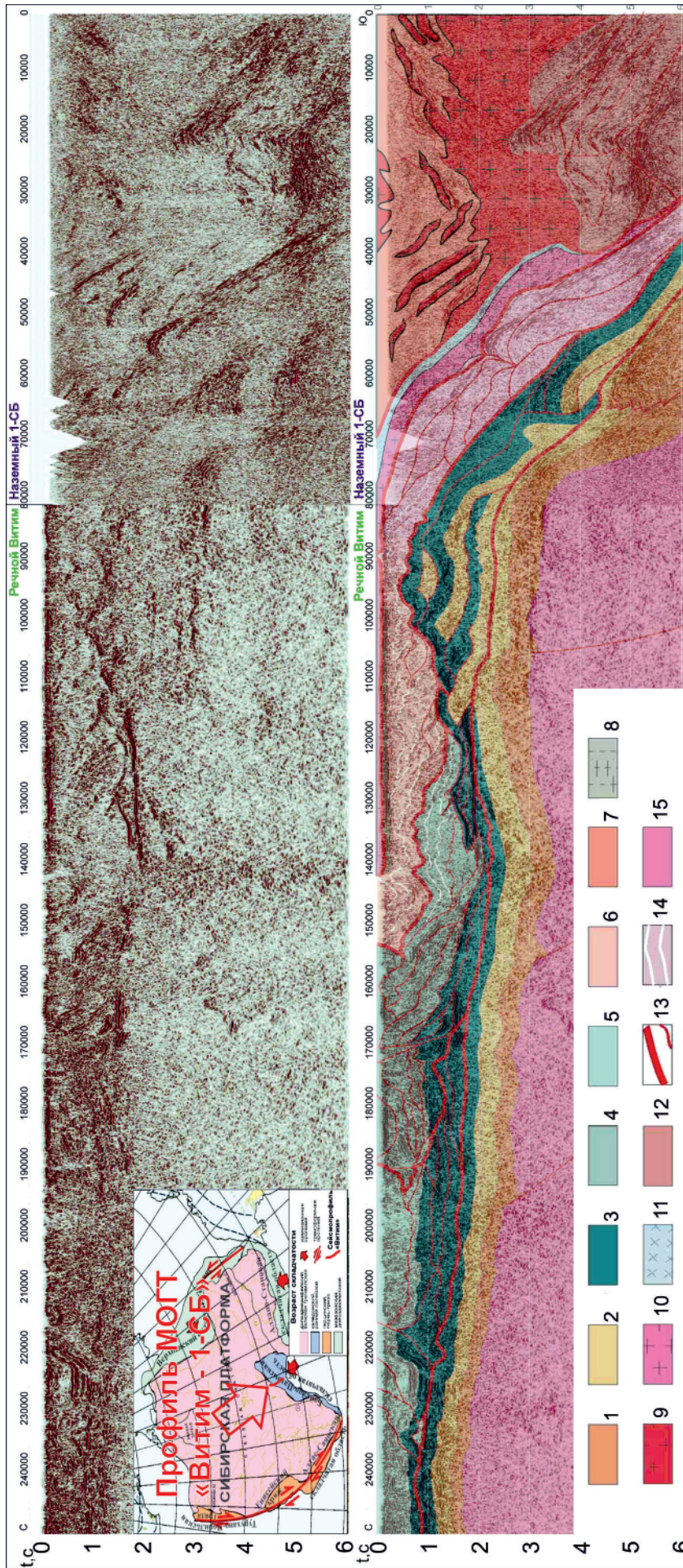


Рис. 5. Временной разрез по сейсмическому композитному профилю «Витим-1СБ» (вверху) и его геологическая интерпретация (внизу)

1 – верхнерифейские толщи; 2 – терригенные образования нижнего венда; 3 – верхний венд, тирский и даниловский стратиграфические горизонты; 4 – слабо метаморфизованные дислоцированные толщи нижнего палеозоя; 5 – метаморфизованные соленосно-карбонатные часто выщелоченные толщи нижнего палеозоя; 6 – интенсивно метаморфизованные зеленосланцевые амфиболитовые интенсивно дислоцированные толщи рифея – палеозоя, частично фундамента; 7 – метаморфизованные и интенсивно дислоцированные амфиболитовые толщи рифея – палеозоя, частично фундамента; 8 – тектонокластиты; 9 – гранит-мигматиты; 10 – синколлизонные граниты; 11 – тектонокластиты тепторгинской серии; 12 – дуговое сгущение пород нижней коры конвергирующих плит; 13 – главные и второстепенные разрывы, дешифрируемые по форме сейсмических отражений; 14 – предполагаемые поверхности динамометаморфического расслабления; 15 – породы фундамента Сибирской платформы

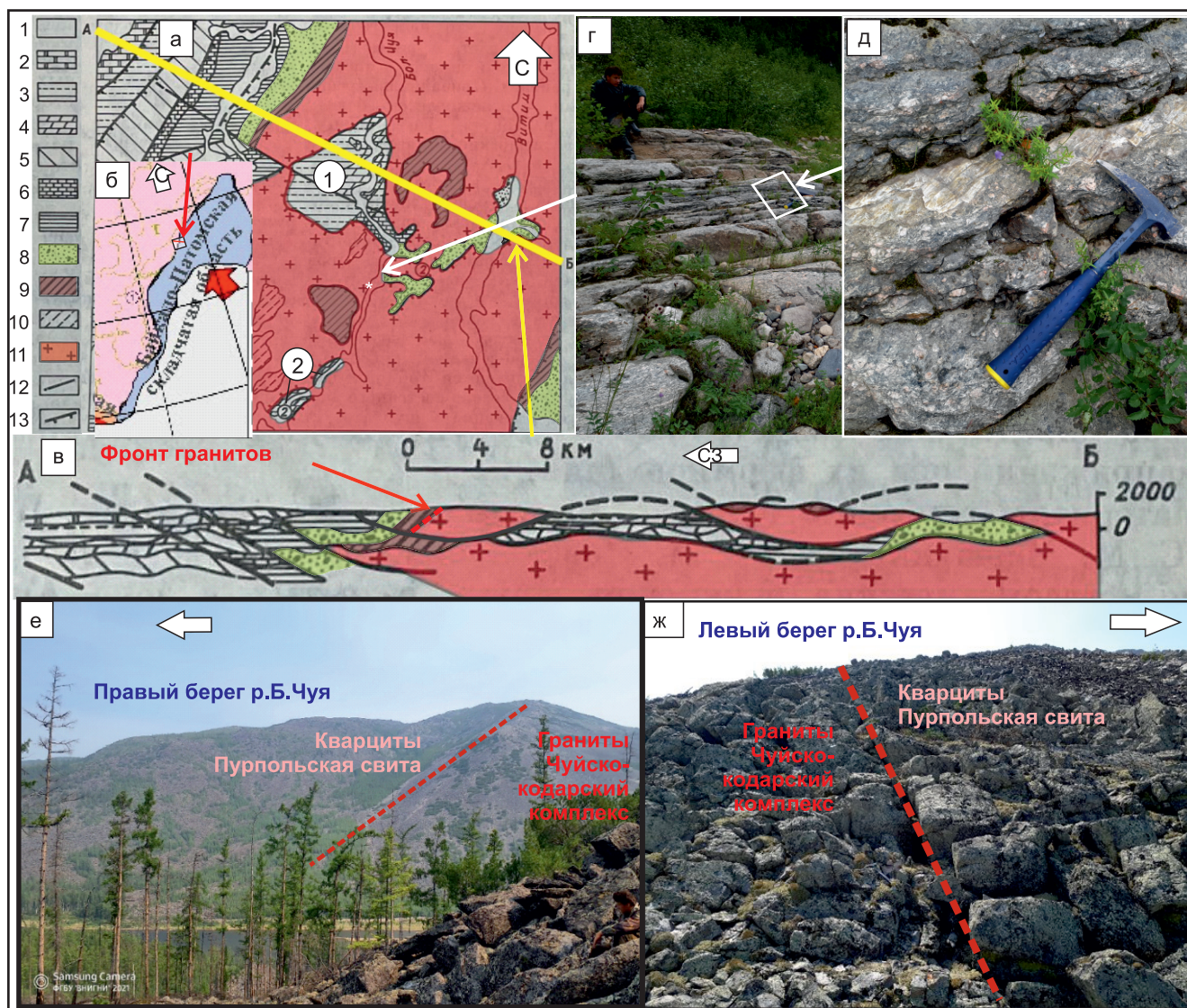


Рис. 6. Структурные особенности стратиформных чуйско-кодарских гранитоидов в бассейне р. Большая Чуя: а – схематическая геологическая карта [1]; б – положение участка на обзорной карте; в – разрез по линии АБ [1], иллюстрирующий строение поддвигового фронта; г – обнажение стратиформных плитчатых очковых гранитогнейсов, левый берег р. Большая Чуя; д – борозды скольжения в гранитогнейсах; е – панорамное фото поддвигового фронта гранитоидов; ж – фото поддвигового фронта в левом борту долины

Отложения: 1 – четвертичные; 2 – нижнекембрийские; 3 – вендские; 4–7 – верхнерифейские: 4 – жуинская серия, 5–7 – свиты: 5 – валухтинская, 6 – баракунская, 7 – джемкуканская; 8 – среднерифейские; 9 – нижнерифейские, тепторгинская серия; 10 – чуйская свита, нижний протерозой; 11 – чуйско-кодарский гранитоидный комплекс; 12 – разрывы; 13 – шарьяжи; цифры в кружках – тектонические окна: Локатыкское (1) и Барагдинское (2)

рируются дуплексные сгруживания карбонатного венда. Весьма вероятно, что это те же самые сгруживания улунтуйских строматолитовых известняков, которые наблюдаются в береговых обнажениях Кадильно-Голоуспенской структуры на оз. Байкал и в так называемом гипостратотипическом обнажении образований байкальской серии по р. Куртун (рис. 7). Аналогии тектонического строения и пространственная прослеживаемость делают это предположение весьма вероятным.

По результатам интерпретации сейсмических профилей «Ковыкта – Прибайкалье» и «Витим», реконструкций залегания стратифицированных толщ, по материалам космических фотоснимков и на основании анализа разномасштабных геологических

карт построена геодинамическая схема Байкало-Патомского региона (см. рис. 7).

Масштабы надвигания, степень дислоцированности и метаморфизма различных надвиговых пластин указывают на то, что Байкало-Патомская каледонская складчатая область весьма близка родственна другим складчатым областям мира, и в частности каледонидам Скандинавского полуострова [25]. При сравнении этих орогенов заметны аналогии между выходящими в осевой части Байкало-Патомской складчатой области высокометаморфизованными, в значительной степени палингенными образованиями Мигматитовой зоны или Чая-Мамско-Чипикетским «блоком-пластиной» Миня-Мамско-Чипикетского «краевого выступа

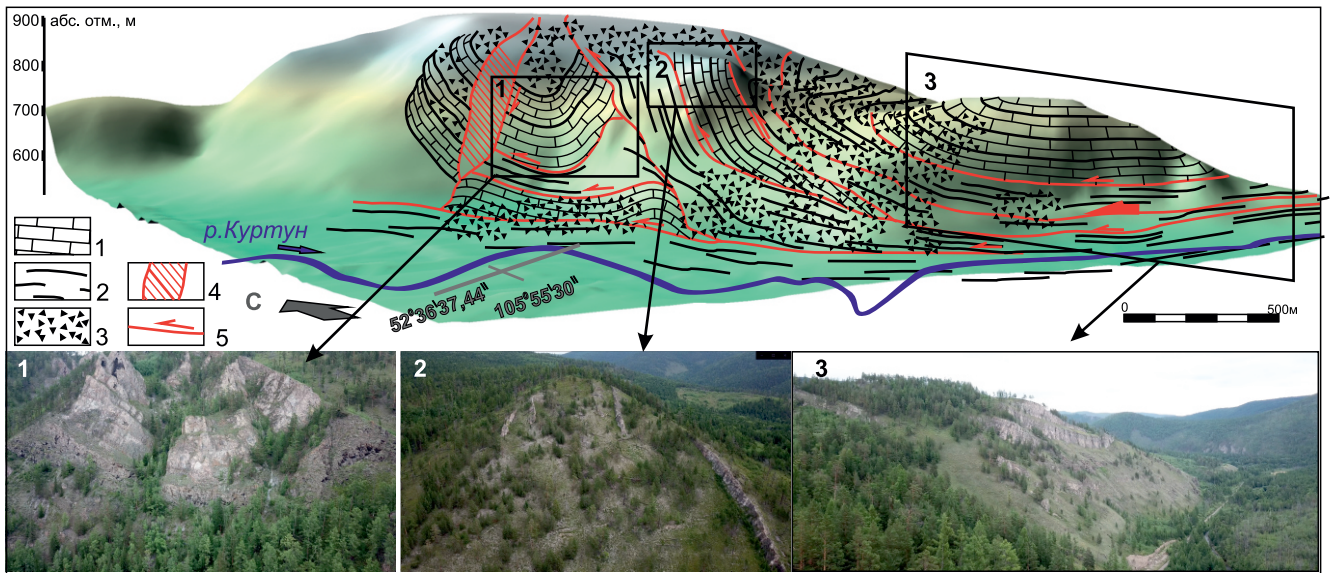


Рис. 7. Трехмерная модель геологического строения левобережья р. Куртун выше руч. Молька (северный берег оз. Байкал)

1 – карбонаты улунтуйской свиты; 2 – динамометаморфические сланцы голоуспенской (в нижней части долины) и улунтуйской свит; 3 – осыпные и задернованные склоны; 4 – зона тектонически раздробленных пород; 5 – разломы надвиговой и поддвиговой природы с указанием направления смещения

дорифейского фундамента» [9, 13] (рис. 8) и комплексом пластины Севе (Скандинавия) [22]. Другие два блока-пластины этого «выступа» (Акитканский и Чуйский) интерпретируются как Главная сутурная зона весьма выдержанной и относительно малой (в районе р. Витим составляющей несколько сотен метров) толщины (см. рис. 8).

По наличию синколлизонных гранитов, которые скандинавские геологи называют милонитовыми [22], а Э. Раген – стратиформными и синкинематическими [14], а также псаммитов [22] (возможно, тектонокластитов) и роев даек Главную сутурную зону Байкало-Патомского нагорья, вероятно, можно сопоставить с пластиной Сарв (Скандинавия), также перекрываемой высокометаморфизованными толщами шарьяжа Севе. Тектонокластиты в изучаемом районе представлены в тыловой приосевой части складчатой области нижней частью тепторгинской серии – пурпольской и чукчинской свитами. Во фронтальной зоне вкрест и по простиранию в центре складчатой области это «песчаники» голоуспенской свиты, на юге – ее нижней подсвиты. Соответствующие «роям даек» пластины Сарв серии силлов чайского долеритового комплекса и метадиабазов медвежевской свиты также обычно сопровождают тектонокластические формирования.

Выполненные геодинамические реконструкции позволяют рассматривать, казалось бы, достаточно различающиеся по геологическому строению регионы Прибайкалья и Предпатома как части единого складчатого пояса каледонского возраста. Особенности геологического строения, отличающие их друг от друга, вероятно, обусловлены различной историей постскладчатого развития. Прибайкалье

оказалось ближе к активным орогенным областям Центрально-Азиатского региона, в свою очередь, возникшим, как справедливо указывает М. М. Буслов [6], в кайнозое, в результате воздействия Индийской платформы на Евразийский континент. Этот процесс неравномерно отразился на когда-то однотипно или весьма близко геологически построенном складчатом поясе каледонид юго-юго-восточного обрамления и периферийных частей Сибирской платформы.

Юго-западная часть этого пояса, расположенная ближе к очагу генерации косых тангенциальных движений коры, оказалась приподнятой и испытала значительные денудации, обнажившие глубинные автохтонные и параавтохтонные комплексы, корневые части поддвигов и надвиговых пластин. На поверхность были выведены базальные отложения чехла, вероятно, даже комплексы фундамента Сибирской платформы. Еще более усложняет тектоническую картину кайнозойское наложение рифтогенных сбросовых дислокаций, совместивших высоко и менее метаморфизованные комплексы по сбросам. При этом в опущенном блоке (Ольхонский «террейн») наблюдаются породы верхней тектонической пластины, так называемого УНР (ultra high pressure – сверхвысоких давлений) комплекса Мигматитовой зоны.

Разрез северо-восточной части складчатого пояса намного более полный, и степень его денудации настолько мала, что в ядре лежащего антиклинория обнажаются только самые верхние части Мигматитовой (УНР) и Главной сутурной («милонитовой») зон. Детачменты, поверхности пологих срывов или шарьяжи также минимально выходят на поверхность и проявлены не ярко. Преобладают

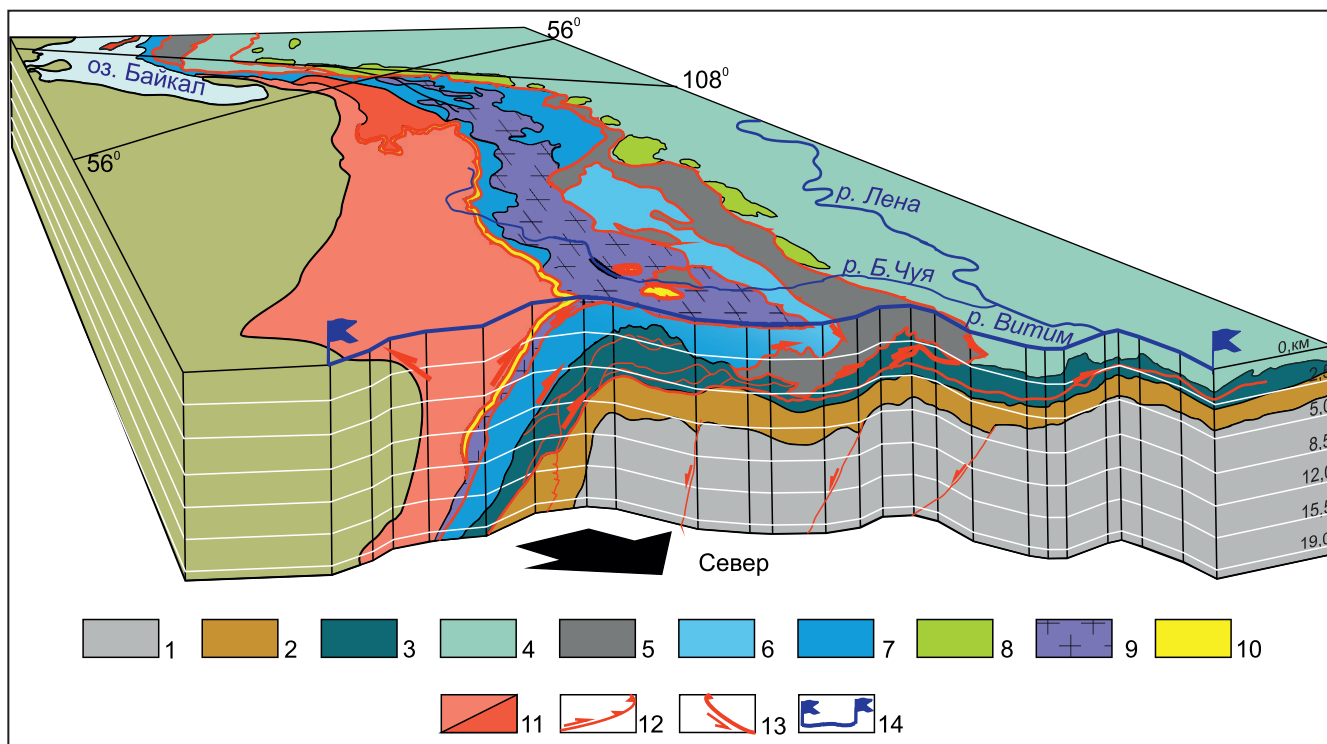


Рис. 8. Трехмерная геодинамическая модель каледонского Байкало-Патомского складчатого пояса по сейсмическому речному профилю «Витим»

1 – кристаллический фундамент; 2–3 – осадочный чехол: 2 – слабо измененный преимущественно терригенный автохтон, 3 – интенсивно дислоцированный преимущественно карбонатный параллохтон; 4 – в различной степени дислоцированный, преимущественно соленосно-карбонатный параллохтон; 5 – преднадвиговые карбонатные, сланцевые дуплексы, моласса; 6 – слабо метаморфизованные толщи (до зеленосланцевой фации); 7 – интенсивно метаморфизованные толщи (выше зеленосланцевой фации); 8 – преднадвиговые ядра синформ; 9 – синколлизонные стратиформные граниты Главной сутурной зоны; 10 – тектонокластиты тепторгинской серии; 11 – высокометаморфизованные мигматизированные толщи Мигматитовой зоны; 12 – надвиги; 13 – поддвиги; 14 – профиль «Витим»

плавные пликативные дислокации верхних частей шарниров и замков лежащих антиформ, относительно незначительно нарушенных разломами. Выполненные построения, таким образом, полностью подтверждают выводы В. С. Федоровского [19] о каледонском возрасте складчатости Ольхонского «террейна» и выводы всех последователей де Лоне (начиная с А. А. Борисяка) о каледонском тектогенезе Прибайкалья. Это в том числе указывает на несостоятельность устоявшихся упрощенных и в корне ошибочных взглядов на происхождение пластин, «блоков-пластин» или «блоков» высокометаморфизованных образований, в качестве аккрецировавших древних «террейнов» или, как в случае Аkitканского «поднятия», раннепротерозойских вулканических поясов.

История геологического развития юго-восточной периферии Сибирской платформы, восстанавливаемая на основе анализа ее глубинного строения, позволяет предположить основные этапы ее развития. Вероятно, в позднем рифее в процессе дивергентного раскрытия океанического бассейна сформировалась пассивная окраина платформы. В венде–ордовике в пассивно-окраинных условиях происходило накопление мощных сначала терригенных, затем карбонатных и карбонатно-галогенных толщ. В среднем кембрии началось закрытие

бассейна и формирование терригенных и терригенно-карбонатных пород. В силуре–девоне в результате приращения Баргузинского кратона с юго-востока к Сибирской платформе [8] произошло формирование Байкало-Патомского складчато-надвигового пояса (складчатой области). В начале кайнозоя вследствие горизонтальных сдвиговых процессов, инициированных столкновением Индии с Евразией [6], начались региональное воздымание и денудация значительных объемов коры на юге складчатой области, что практически полностью уничтожило значительные части надвиговых пластин в Прибайкалье и закончилось формированием транстензионного Байкальского рифта (по сбросам и сбросо-сдвигам были совмещены реликтовые блоки-пластины (непы) каледонского складчатого пояса).

Такая история развития позволяет реконструировать предполагаемую (speculative) [23] Предпатомскую нефтегазовую систему (НГС), сформировавшую крупнейшие месторождения нефти и газа юго-востока Сибирской платформы. В этом контексте НГС понимается в трактовке А. Перродона: геологические критерии, определяющие распределение залежей и, в частности, совокупное присутствие материнских пород, резервуаров и экранов [27] и конечный результат организованной последова-



тельности геологических событий (в пространстве и времени) [23].

Область аккумуляции этой системы расположена в пределах Непско-Ботуобинской антеклизы. Очаг нефтегазовой генерации находится в Предпатомском перикратонном прогибе и связан с развитием здесь на глубинах до нескольких километров и более, в том числе в поднадвиговом положении, вендских [2, 17] и, возможно, верхнерифейских отложений [18]. Расстояния миграции, осуществлявшейся, видимо, в пределах верхнерифей-вендского терригенного резервуара (вилучанский, талахский, хамакинский, ботуобинский продуктивные горизонты и их аналоги), можно оценивать значениями более 200 км. Максимально (критически) миграционно-аккумуляционные процессы проявились в раннем палеозое – с ордовика по девон. Коллизионные события привели к разрушению многочисленных нефтегазовых скоплений и возникновению мощных новообразованных тектоногенных черносланцевых формаций в Байкало-Патомской складчатой области.

Таким образом, высокие оценки перспектив нефтегазоносности Предпатомского перикратонного прогиба, сделанные ранее [13], имеют под собой достаточно веские основания. Главными положительными факторами являются шарьяжное строение Предпатомского регионального прогиба, относительно слабая дислоцированность и простираание автохтонных горизонтов терригенного венда под каледонскими надвиговыми пластинами на десятки километров (см. рис. 5, 7), а также возможное широкое распространение регионального экрана, представленного тирскими солями.

Важным для оценки перспектив нефтегазоносности мощного поднадвигового чехла Предпатомского прогиба является возможность и доступность изучения автохтонных и параавтохтонных комплексов в Прибайкалье. Весьма вероятно, что степень метаморфизма, катагенеза органического вещества, коллекторские свойства пород, изученные в процессе исследований в более обнаженном, а значит, более доступном Прибайкальском регионе, могут быть встречены в поднадвиговых формированиях северо-восточной части юго-восточной периферии Сибирской платформы. Аналогии геологической позиции Ковыктинского месторождения в этом случае будут находиться в непосредственной близости к шарьяжному фронту, возможно, даже в поднадвиговых частях на северо-востоке.

Выводы

1. Имеющиеся геолого-геофизические материалы, в первую очередь геолого-съёмочные и сейсмические данные, позволяют установить коллизионный характер и каледонский возраст коллизии Предпатомского перикратонного прогиба и Байкало-Патомской складчатой области.

2. Юго-восточное перикратонное обрамление Сибирской платформы имеет типичную структуру и характерную для складчатого пояса историю развития. В различной степени метаморфизованные надвиговые пластины, сформированные в каледонскую эпоху складчатости, на разных денудационных срезах демонстрируют черты строения, известные в многочисленных складчатых поясах мира. Внутри пластин встречаются повторяющиеся парагенетические петрологические ассоциации, подчеркивающие роль тектоники в процессах литогенеза (петрогенеза).

3. Степень изученности предполагаемого очага нефтегазовой генерации в пределах Предпатомского перикратонного прогиба, в первую очередь нефтегазоматеринских отложений, пока позволяет лишь наметить предполагаемую богатую изолированную латеральную Предпатомскую нефтегазовую систему как комбинацию очага генерации, путей миграции и области аккумуляции.

4. Вендский терригенный и в меньшей степени венд-нижнекембрийский карбонатный нефтегазоносные комплексы Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции в соответствии с представленной тектонической моделью могут иметь весьма высокие перспективы нефтегазоносности в северной поднадвиговой части Предпатомского прогиба в его современных границах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Александров В. К.** Надвиговые и шарьяжные структуры Прибайкалья. – Новосибирск: Наука, 1990. – 103 с.
2. **Баженова Т. К., Дахнова М. В., Можегова С. В.** Верхний протерозой Сибирской платформы – основной источник нефтегазоносности ее домезозойского мегабассейна // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. – Т. 6, №2. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/1/17_2011.pdf.
3. **Беличенко В. Г.** Каледониды Байкальской горной области. – Новосибирск: Наука, 1977. – 134 с.
4. **Булгатов А. Н.** Тектонотип байкалид. – Новосибирск: Наука, 1983. – 194 с.
5. **Булдыгеров В. В., Собаченко В. Н.** Проблемы геологии Северо-Байкальского вулcano-плутонического пояса. – Иркутск: Изд-во ун-та, 2005. – 184 с.
6. **Буслов М. М.** Геодинамическая природа Байкальской рифтовой зоны и ее осадочного выполнения в мел-кайнозойское время // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 9. – С. 1245–1255.
7. **Геодинамика** Западно-Забайкальского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса в позднем палеозое / А. М. Мазукабзов, Т. В. Донская, Д. П. Гладкочуб, И. П. Падерин // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, вып. 5. – С. 615–628.
8. **Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Натанов Л. М.** Тектоника литосферных плит территории СССР. В 2 кн. Кн. 1. – М.: Недра, 1990. – 328 с.
9. **Карта** дочетвертичных образований: О-49, (50) (Бодайбо): Государственная геологическая карта

СССР м-ба 1:1 000 000 (новая серия)/ ред. Е. С. Кутейников, Е. П. Миронюк, О. В. Перевалов, П. И. Шамес. – М.: ВСЕГЕИ, 1984.

10. **Клитин К. А., Павлова Т. Г., Постельников Е. С.** Байкалиды юго-востока Сибири / под ред. Н. С. Зайцева, А. В. Пейве. – М.: Наука, 1970. – 149 с. – (Тр. ГИН АН СССР; вып. 219).

11. **Мигурский Ф. А.** Геологическая модель Предпатомского перикратонного прогиба в свете оценки перспектив нефтегазоносности // Новые идеи в геологии нефти и газа: тр. конф. – М.: Перо, 2019. – С. 314–318.

12. **Мигурский Ф. А.** Главные особенности и общие черты геологического строения периферийных областей Сибирской платформы // Новые идеи в геологии нефти и газа – 2021: тр. конф. – М.: Перо, 2021. – С. 343–347.

13. **Мигурский Ф. А.** Проблемы оценки масштабов и перспектив нефтегазоносности Предпатомской нефтегазоносной области в свете эволюции взглядов на тектоническое строение юго-восточного обрамления Сибирской платформы // Геология нефти и газа. – 2019. – № 2. – С. 39–54.

14. **Раген Э.** Геология гранита / пер. с фр. В. И. Баженова. – М.: Недра, 1979. – 326 с.

15. **Розен О. М., Федоровский В. С.** Коллизионные гранитоиды и расслоение земной коры. – М.: Научный мир, 2001. – 188 с.

16. **Сизых В. И.** Шарьяжно-надвиговая тектоника окраин древних платформ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. – 154 с.

17. **Соболев П. Н., Кожевых И. А.** Новые данные по геохимии нафтидов и органического вещества неопротерозойских отложений зоны сочленения Предпатомского прогиба и Непско-Ботубинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2013. – № 2. – С. 77–85.

18. **Тимошина И. Д.** Геохимия органического вещества нефтепроизводящих пород и нефтей верхнего докембрия юга Восточной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 166 с.

19. **Федоровский В. С., Скляр Е. В.** Ольхонский геодинамический полигон (Байкал): аэрокосмические данные высокого разрешения и геологические карты нового поколения // Геодинамика и тектонофизика. – 2010. – Т. 1, № 4. – С. 313–418.

20. **Шатский Н. С.** Избранные труды. В 4 т. Т. II. – М.: Наука, 1964. – 720 с.

21. **Юдин В. В.** Надвиговые и хаотические комплексы. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2013. – 252 с.

22. **A one-billion-year gap in the Precambrian history of the southern Siberian Craton and the problem of the Transproterozoic supercontinent / D. Gladkochub, T. Donskaya, M. Wingate, et al. // American Journal of Science. – 2010. – Vol. 310, issue 9. – P. 812–825.**

23. **Exploring for Oil and Gas Traps / L. B. Magoon, E. A. Beaumont, eds. // Treatise of Petroleum Geology, Handbook of Petroleum Geology, 1999. – 12 p.**

24. **Gigantic**, gaseous mushwads in Cambrian shale: Conasauga Formation, southern Appalachians, USA / J. C. Pashin, D. C. Kopaska-Merkel, A. C. Arnold, et al. // International Journal of Coal Geology. – 2012. – 05.010. – P. 70–91.

25. **Hedin P., Juhlin C., Gee D.** Seismic imaging of the Scandinavian Caledonides to define ICDP drilling sites // Tectonophysics. – 2012. – No. 30–41. – P. 554–557.

26. **Palaeozoic** orogeneses around the Siberian craton: Structure and evolution of the Patom belt and foredeep / Th. de Boisgrollier, C. Petit, M. Fournier, et al. // Tectonics. – 2009. – No. 28.

27. **Perrodon A.** Petroleum Systems: Models and Applications // Journal of Petroleum Geology. – 2007. – No. 15. – P. 319–325.

28. **Pfiffner O. A.** Thick-skinned and thin-skinned tectonics: A global perspective // Geosciences, – 2017. – No. 7(3). – URL: <https://doi.org/10.3390/geosciences7030071>.

29. **Tectonic** map of Northern-Central-Eastern Asia and adjacent areas. Scale 1:2,500,000 / Ed. O. V. Petrov, Yu. G. Leonov (Russia), Li Tingdong (China), et al. // Atlas of geological maps of Northern-Central-Eastern Asia and adjacent areas. 1:2,500,000. – Saint Petersburg: VSEGEI Printing House, 2014.

30. **Vrolijk P., van der Pluijm B. A.** Clay gouge // Journal of Structural Geology. – 1999. – Vol. 21, Issues 8–9. – P. 1039–1048. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(99\)00103-0](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00103-0).

REFERENCES

1. Aleksandrov V.K. *Nadvigovyye i sharyazhnyye struktury Pribaykalya* [Thrust and overthrust structures in Baikal Lakeside]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1990. 103 p. (In Russ.).

2. Bazhenova T.K., Dakhnova M.V., Mozhegova S.V. [Upper Proterozoic formations of Siberian Platform – main source of oil and gas of Pre-Mesozoic megabasin]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika – Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*, 2011, vol. 6, no. 2. URL: http://www.ngtp.ru/rub/1/17_2011.pdf (In Russ.).

3. Belichenko V.G. *Kaledonity Baykalskoy gornoy oblasti* [Caledonites of the Baikal mountainous area]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977. 134 p. (In Russ.).

4. Bulgatov A.N. *Tektonotip baykalid* [Tectonotype of baikalites]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983. 194 p. (In Russ.).

5. Buldygerov V.V., Sobachenko V.N. *Problemy geologii Severo-Baykalskogo vulcano-plutonicheskogo poysa* [Geological problems of the North Baikal volcano-plutonic belt]. Irkutsk, Irkutsk University Publ., 2005. 184 p. (In Russ.).

6. Buslov M.M. [Geodynamic nature of the Baikal rift zone and its sedimentary filling in the Cretaceous-Cenozoic: The effect of the far-range impact of the Mongolo-Okhotsk and Indo-Eurasian collisions]. *Russian Geology and Geophysics*, 2012, vol. 53, no. 9, pp. 955–962.



7. Mazukabzov A.M., Donskaya T.V., Gladkochub D.P., Paderin I.P. [The Late Paleozoic geodynamics of the West Transbaikalian segment of the Central Asian Fold Belt]. *Russian Geology and Geophysics*, 2010, vol. 51, no. 5, pp. 482–491.
8. Zonshayn L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. *Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR* [Tectonics of Lithospheric Plates of the USSR Territory]. Moscow, Nedra Publ., book 1. 328 p. (In Russ.).
9. Kuteynikov E.S., Mironyuk E.P., Perevalov O.V., Shames P.I., eds. [Map of Quaternary formations: O-49, (50) (Bodaybo)]. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:1 000 000 (novaya seriya)* [State Geological Map of USSR of 1:1,000,000 scale (new series). Moscow, VSEGEI Publ., 1984. (In Russ.).
10. Klitin K.A., Pavlova T.G., Postelnikov E.S. [Baikalides of the southeastern Siberia]. *Trudy Geologicheskogo Instituta AN SSSR*, vol. 219. Moscow, Nauka Publ., 1970. 149 p. (In Russ.).
11. Migurskiy F.A. [Geological model of Pre-Patom pericratonic trough in the light of evaluation of oil-and-gas prospects]. *Novyye idei v geologii nefi i gaza* [New ideas in petroleum geology]. Moscow, Pero Publ., 2019, pp. 314–318. (In Russ.).
12. Migurskiy F.A. [The main peculiarities and general features of the geological structure of fringe areas of the Siberian Platform]. *Trudy konferentsii "Novyye idei v geologii nefi i gaza"* [Proceedings of the Conference "New ideas in petroleum geology"]. Moscow, Pero Publ., 2021, pp. 343–347.
13. Migurskiy F.A. [On the assessment of oil and gas occurrence scale and prospects in the Pre-Patomsky Petroleum Region in the light of evolution of views on tectonic framework of Siberian Platform's southeastern margins]. *Geologiya nefi i gaza – Oil and Gas Geology*, 2019, no. 2, pp. 39–54. (In Russ.).
14. Ragen E. *Geologiya granita* [Geology of granite]. Moscow, Nedra Publ., 1979. 326 p. (In Russ.).
15. Rozen O.M., Fedorovskiy V.S. *Kollizionnyye granitoidy i rassloeniye zemnoy kory* [Collisional granitoids and the earth crust layering]. Moscow, Nauchny Mir Publ., 2001. 188 p. (In Russ.).
16. Sizykh V.I. *Sharyazhno-nadvigovaya tektonika okrain drevnikh platform* [Overthrust-thrust tectonics of the margins of ancient platforms], Novosibirsk, SB RAS Publ., Geo Branch, 2001. 154 p. (In Russ.).
17. Sobolev P.N., Kozhevnykh I.A. [New data on geochemistry of naphthides and organic matter of the Neoproterozoic deposits in the conjunction zone within Predpatom Trough and Nepa-Botuoba Anticline (Siberian Platform)]. *Geologiya i mineralno-syryevyye resursy Sibiri – Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2013, no. 2, pp. 77–85. (In Russ.).
18. Timoshina I.D. *Geokhimiya organicheskogo veshchestva nefteprodukovyashchikh porod i neftey verkhnego dokembriya yuga Vostochnoy Sibiri* [Geochemistry of organic matter of petroleum producing rocks and oils of the Upper Precambrian of the south Eastern Siberia]. Novosibirsk, SB RAS Publ, GEO Branch, 2005. 166 p. (In Russ.).
19. Fedorovskiy V.S., Sklyarov E.V. [The Olkhon geodynamic providing ground (Lake Baikal): high resolution satellite data and geological maps of new generation]. *Geodinamika i tektonofizika – Geodynamics & Tectonophysics*, 2010, vol. 1, no. 4, pp. 313–418. (In Russ.).
20. Shatskiy N.S. *Izbrannyye trudy* [Selected works]. Vol. 2. Moscow, Nauka Publ., 1964. 720 p. (In Russ.).
21. Yudin V.V. *Nadvigovyye i khaoticheskiye komplekсы* [Thrust and chaotic complexes]. Simferopol, IT ARIAL Publ., 2013. 252 p. (In Russ.).
22. Gladkochub D., Donskaya T., Wingate M., et al. A one-billion-year gap in the Precambrian history of the southern Siberian Craton and the problem of the Transproterozoic supercontinent. *American Journal of Science*, 2010, vol. 310, issue 9, pp. 812–825.
23. Magoon L.B., Beaumont E.A., eds. Exploring for Oil and Gas Traps. *Treatise of Petroleum Geology, Handbook of Petroleum Geology*, 1999. 12 p.
24. Pashin J.C., Kopaska-Merkel D.C., Arnold A.C., et al. Gigantic, gaseous mudwads in Cambrian shale: Conasauga Formation, southern Appalachians, USA. *International Journal of Coal Geology*, 2012, 05.010, pp. 70–91.
25. Hedin P., Juhlin C., Gee D. Seismic imaging of the Scandinavian Caledonides to define ICDP drilling sites. *Tectonophysics*, 2012, no. 30–41, pp. 554–557.
26. Boisgrollier Th., de, Petit C., Fournier M., et al. Palaeozoic orogeneses around the Siberian craton: Structure and evolution of the Patom belt and fore-deep. *Tectonics*, 2009, no. 28.
27. Perrodon A. Petroleum Systems: Models and Application. *Journal of Petroleum Geology*, 2007, no. 15, pp. 319–325.
28. Pfiffner O. A. Thick-skinned and thin-skinned tectonics: A global perspective. *Geosciences*, 2017, no. 7(3). URL: <https://doi.org/10.3390/geosciences7030071>.
29. Eds. Petrov O.V., Leonov Yu.G. (Russia), Tingdong Li (China), et al. Tectonic map of Northern-Central-Eastern Asia and adjacent areas. Scale 1:2,500,000. *Atlas of geological maps of Northern-Central-Eastern Asia and adjacent areas. 1:2,500,000*. Saint Petersburg, VSEGEI Printing House, 2014.
30. Vrolijk P., van der Pluijm B.A. Clay gouge. *Journal of Structural Geology*, 1999, vol. 21, issues 8–9, pp. 1039–1048. URL: [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(99\)00103-0](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00103-0).