

УДК 551.242+550.8.052

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛДАНО-МАЙСКОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

И.А. Губин¹, А.Э. Конторович¹, Л.Н. Константинова¹, С.А. Моисеев^{1,2}, А.М. Фомин¹

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

Проанализированы результаты региональных геолого-разведочных работ за счет федерального бюджета на территории Алдано-Майской перспективной (потенциальной) нефтегазоносной области (НГО) за последние 18 лет. Они позволили в значительной мере скорректировать представления о геологическом строении исследуемой территории. Рассмотрены ключевые особенности строения осадочного чехла Алдано-Майской НГО и основные тектонические события, повлиявшие на его структуру. В результате обобщения и интерпретации сейсморазведочных данных, полученных на девяти участках региональных работ, построены сейсмогеологические разрезы и структурные карты, которые послужили основой для структурно-тектонического районирования территории Алдано-Майской НГО. Составлена карта выходов свит и серий рифея на предвендскую эрозионную поверхность. Приведены тектонические схемы по трем структурным ярусам — верхнекарельско-нижнерифейскому, средневерхнерифейскому и венд-кембрийскому, показано их принципиальное отличие. В частности, крупный Майский наклонный вал выражен только в рельефах нижнего рифея и не находит отражения в вышележащих структурных поверхностях среднего рифея—венда, которые в общих чертах представляют собой слабо дифференцированные моноклинали. Определены параметры основных тектонических элементов.

Рифей, венд, кембрий, отражающий горизонт, временной разрез, структурная карта, структурный ярус, тектоническая схема, Алдано-Майская нефтегазоносная область

STRUCTURE–TECTONIC CHARACTERISTICS OF THE ALDAN–MAYA POTENTIAL PETROLEUM AREA BASED ON THE INTERPRETATION OF REGIONAL SEISMIC DATA

I.A. Gubin, A.E. Kontorovich, L.N. Konstantinova, S.A. Moiseev, A.M. Fomin

The results of regional geological exploration over the past 18 years within the Aldan–Maya potential petroleum area were used as the basis for the refinement of the geological structure of the study area. The study considers the key structural features of the sedimentary cover of the Aldan–Maya region and major tectonic events that affected its structure. The generalization and interpretation of regional seismic survey data provided the basis for building a series of geoseismic sections and structure maps, which, in turn, were used in structural tectonic zoning of the study area. The map showing outcrops of Riphean formations and groups on the pre-Vendian erosion surface was compiled. Tectonic schemes for three structural levels (upper Karelian–Lower Riphean, Middle–Upper Riphean and Vendian–Cambrian) confirmed their fundamental difference. In particular, the large Maya inclined swell was detected only in the topography of the Lower Riphean and is absent in the overlying structures of Middle Riphean–Vendian age, which are represented by weakly differentiated monoclines. The parameters of the major tectonic elements were determined.

Riphean, Vendian, Cambrian, reflector, time section, structure map, structural level, tectonic scheme, Aldan–Maya petroleum area

ВВЕДЕНИЕ

Исследования последних десятилетий (геологическая съемка, глубокое и колонковое бурение, геофизические, в первую очередь сейсморазведочные работы) показали сложное геологическое строение и историю геологического развития территории исследования, которую правильнее всего было бы называть областью рифей-венд-кембрийского осадконакопления на юго-восточной окраине Северо-Азиатского кратона [Варнавский, Кузнецов, 2011; Варнавский, 2015].

Во многих опубликованных за последние 10–15 лет работах авторы с разной степенью детальности анализировали сейсморазведочные и скважинные данные. Целый ряд таких работ выполнили специалисты СНИИГГиМС [Шишкин и др., 2010; Берилко и др., 2012а, 2012б; Старосельцев и др., 2012;

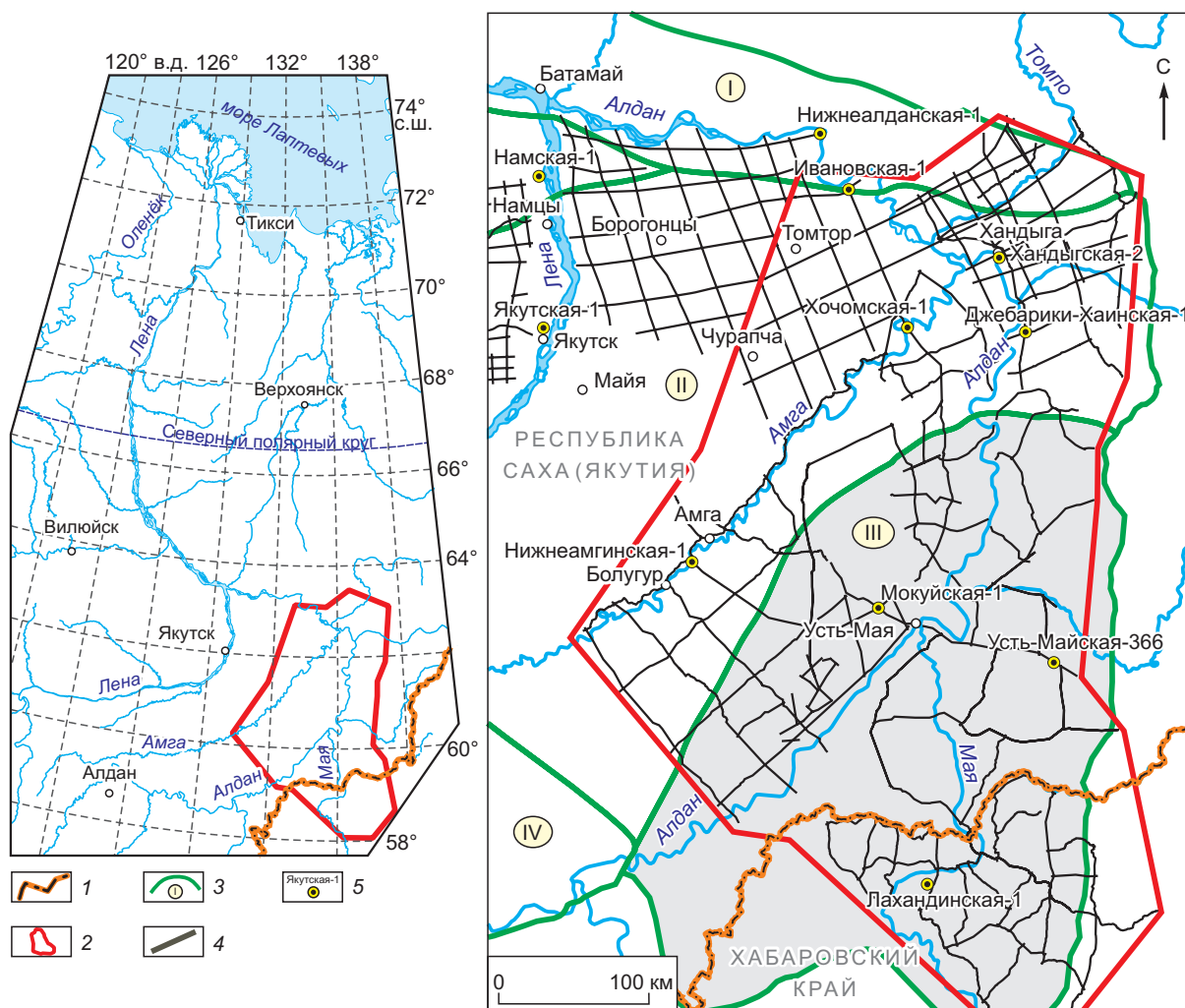


Рис. 1. Схема изученности территории глубоким бурением и современной сейсморазведкой.

1 — административная граница, 2 — полигон построения геологической модели, 3 — контуры нефтегазоносных областей (I — Предверхоянская, II — Алданская, III — Алдано-Майская, IV — Среднеленская), 4 — сейсмические профили, отработанные и переработанные в период с 2005 по 2020 г., 5 — местоположение глубоких скважин и их название.

Мигурский, Соболев, 2015; и др.] и ИТиГ ДВО РАН [Варнавский, 2015, 2018; Развозжаева, 2020; и др.]. В частности, в работе Г.А. Берилко с соавторами [2012а] схематически определены внешние контуры современных границ развития на территории Председтабанского прогиба средневерхнерифейских отложений и показано омоложение выходящих на предвендскую эрозионную поверхность пород рифея с запада на восток.

Подробный анализ строения, распространения и мощностей осадочных комплексов рифея, венда и кембрия, перспективных в нефтегазоносном отношении, выполнил В.Г. Варнавский [Варнавский, Кузнецов, 2011; Варнавский, 2015, 2018].

В 2020 г. была опубликована обстоятельная работа Е.П. Развозжаевой [2020], в которой на представительном сейсморазведочном материале, полученном в период с 2005 по 2014 г., построена сеймо-стратиграфическая модель рифея, венда и кембрия Алдано-Майской НГО. Автор использует термин «Алдано-Майский осадочный бассейн» и делает вывод, что бассейнообразующими в этой зоне являются только рифейские отложения, а границы бассейна проведены по линии их эрозионного срезания. Соответственно, эти же границы принципиально совпадают с границами Алдано-Майской НГО на схеме нефтегазгеологического районирования Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, актуализированной в ИНГГ СО РАН за последние годы под научным руководством академика А.Э. Конторовича (рис. 1).

Судя по имеющимся документам, впервые идея выделения Алдано-Майской НГО из состава Северо-Алданской была выдвинута в 2007—2009 гг. специалистами СНИИГТиМС В.С. Старосельцевым,

Н.В. Мельниковым и Л.В. Рябковой. Специалисты ИТиГ ДВО РАН [Варнавский, Кузнецов, 2011] на основании обобщения геолого-геофизических материалов определили ее как область преимущественно рифейского нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции и уточнили ее границы с учетом накопленных к тому времени материалов. В дальнейшем она нашла отражение на «Карте нефтегазоносности территории России и сопредельных стран», подготовленной ВНИГНИ совместно с рядом институтов (редакторы К.А. Клещев, А.И. Варламов, 2012 г.).

Задачей настоящей работы является дальнейшее обобщение и комплексный научный анализ всех полученных скважинных и современных сейсморазведочных данных с целью построения единой согласованной структурно-тектонической модели рифейских, вендских и кембрийских отложений Алдано-Майской НГО.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

В методическом плане настоящая работа является развитием исследований, выполненных Г.А. Берилко с соавторами [2012а, 2012б], Л.С. Маргулисом с коллегами [2015], И.Ф. Нафиковым [2013] и Е.П. Развозжаевой [2020]. Построенная в результате этой работы геологическая модель строения Алдано-Майского бассейна в пределах полигона площадью 150 тыс. км² и реконструкция эволюции его геологической истории базируется на результатах обобщения и интерпретации современных сейсмических материалов, полученных в рамках реализации девяти проектов комплексных региональных геолого-геофизических работ, и на анализе данных бурения по девяти скважинам (см. рис. 1).

Нами был использован примерно тот же объем фактического материала, что и в недавней работе Е.П. Развозжаевой [2020], однако также были учтены последние сейсморазведочные данные, полученные на Усть-Амгинской и Нижнеалданской площадях в результате полевых работ 2017—2020 гг., а также результаты интерпретации регионального геофизического профиля 3-ДВ.

К 1985 г. на исследуемой территории была отработана редкая сеть сейсмических профилей МОГТ 6- и 12-кратного прослеживания, которые в основном были сосредоточены в районах Нижнеалданской, Ивановской и Мокуйской площадей глубокого бурения. Затем последовал 20-летний перерыв в изучении сейсморазведочными работами. В период 2005—2020 гг. были проведены за счет средств федерального бюджета комплексные региональные геофизические исследования, включающие сейсморазведку, электроразведку, гравиразведку, геохимические исследования, силами ОАО «Якутскгеофизка» и АО «Росгеология» на Алдано-Майской, Алдано-Амгинской, Восточно-Алданской, Хандыгинской, Северо-Хандыгинской, Юдомо-Майской, Юдомской, Усть-Амгинской и Нижнеалданской площадям, равномерно закрывшие огромные, слабоизученные районы нижнего течения Алдана, Амги и Май. Сейсмические профили МОГТ были отработаны невзрывными виброисточниками типа СВ-20/150 или импульсными источниками типа «Енисей КЭМ-4» с 60-кратным перекрытием. Их общая протяженность составляет 11 350 км при плотности сейсмических наблюдений 0.06 км/км² (см. рис. 1). Среднее расстояние между профилями оценивается в 30 км.

Современная сейсморазведочная информация по обозначенным площадям нами была получена из ФГБУ «Росгеолфонд», увязана с данными геологического картирования и глубокого бурения и переинтерпретирована с единых позиций. Работа с данными осуществлялась на базе отечественного программного обеспечения, разработанного в ИНГГ СО РАН [Канаков и др., 2022].

По результатам скоростного анализа разреза параметрических скважин Хочомская-1, Мокуйская-1 и Усть-Майская-366 выполнена стратификация отражающих горизонтов. Всего для корреляции было выделено 15 отражающих горизонтов (от кровли фундамента до подошвы кайнозоя), четыре из которых являются реперными: Rm1 (подошва малгинской свиты среднего рифея), VR (подошва венда), K₂ (подошва иниканской свиты нижнего—среднего кембрия) и ТП (подошва мезозоя).

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Рассматриваемая территория расположена в восточной части Приленского плато и примыкающих к нему складчатых сооружений Алданского нагорья и хр. Сетте-Дабан. Разрез осадочных образований региона включает отложения верхнего протерозоя и нижнего—среднего кембрия, перекрытых на отдельных участках песчаниками и конгломератами нижней юры. На север в сторону Предверхоянского прогиба чехол интенсивно наращивается отложениями перми, мезозоя и кайнозоя.

Архейско-протерозойский фундамент вскрыт в Ивановской-1, Хочомской-1 и Нижнеамгинской-1 скважинах. В керне отмечены гранитогнейсы, биотитовые, гиперстеновые и гранатовые гнейсы, дистеновые, силлиманитовые и ставролитовые кристаллические сланцы, амфиболиты, кварциты и породы ультраосновного состава.

Рифей представлен всеми тремя эратемами, разделенными крупными несогласиями (рис. 2). Максимальная мощность рифея в пределах Алдано-Майской НГО на востоке превышает 6 км. Он вскрыт

тремя скважинами — Лахандинская-1, Усть-Майская-366 и Мокуйская-1. Литолого-стратиграфическое расчленение рифея базируется в основном на результатах изучения обнажений в бассейнах рек Алдан, Мая, Юдома и их притоков [Стратиграфия..., 2005]. Скважиной Мокуйская-1 вскрыто 1850 м нижнего и среднего рифея, однако его поositная разбивка неоднозначна. Нами обнаружено по меньшей мере 7 вариантов таких разбивок [Давыдов и др., 1982; Шишкин и др., 2010; Варнавский, 2015; Развозжаева, 2020; и др.]. На основе корреляции рифейских комплексов, прослеживаемых на современных сейсмических разрезах, с опорой на данные бурения скважин Лахандинская-1 и Усть-Майская-366 можно утверждать, что верхнего рифея, который выделялся ранее в составе лахандинской серии, в скв. Мокуйская-1 нет, и юдомская серия венда подстилается керпыльской серией среднего рифея [Горошко, Гурьянов, 2008; Варнавский, 2015; Развозжаева, 2020; Губин, Константинова, 2021; Фомин и др., 2022]. Скважиной Усть-Майская-366 вскрыт почти полный разрез верхнего рифея, проходка по нему составила 1966 м.

В целом отложения рифея представлены ритмичной выдержанной по латерали терригенно-карбонатной толщей пород, которая на временных сейсмических разрезах служит источником формирования

Эпохема	Эратема	Серия	Свита	Мощность, м	Интервалы, вскрытые скважинами	Возраст, млн лет	Преимущественный состав	Индекс отражающих горизонтов
Рифейская	Венд	Юдомская	Усть-юдомская	180—350		535 ± 1	Доломиты с прослоями песчаников, битуминозные известняки	
			Аимская	90—200		553 ± 23 Pb-Pb	Песчаники кварцевые с битумом, гравелиты, доломиты	
	Верхний	Уйская	Усть-кирбинская	600—5500		600	Песчаники кварцевые, полимиктовые, алевролиты, аргиллиты. Силлы диабазов	VR
			Кандыкская	260—2000		760—780; 700—720 K-Ar, 707 Rb-Sr	Песчаники кварцевые с битумом, алевролиты, аргиллиты, доломиты	Rig
		Лахандинская	Игнганская	20—300		870 K-Ar, 870 ± 10 U-Pb, 800 ± 90 Pb-Pb	Известняки, доломиты, иногда битуминозные	Rnr
			Нельканская	6—380		920—970 K-Ar	Известняки строматолитовые, аргиллиты, песчаники	
			Мильконская	60—320		780—950 K-Ar, 1025 ± 40 Pb-Pb	Известняки, доломиты	
			Кумахинская	40—270		950 K-Ar	Песчаники, аргиллиты, доломиты строматолитовые	Rlh
		Керпыльская	Ципандинская	100—600		1300	Доломиты, иногда битуминозные	
			Малгинская	до 620		980 Pb-Pb, 950 K-Ar	Известняки пестроцветные битуминозные, горючие сланцы	
			Тоттинская (мускельская)	до 450		1020—970 K-Ar	Песчаники кварцевые, алевролиты, аргиллиты	Rml
			Омнинская (кондерская)	до 250		1170—1070 K-Ar		Rkr
	Средний	Аимчанская	Светлинская (челасинская)	до 180		1210 K-Ar	Доломиты, алевролиты, сланцы	
			Талынская (маильская)	до 520		1210—1230 K-Ar	Кварцитовидные песчаники, алевролиты, аргиллиты, сланцы, гравелиты	
		Учурская	Эннинская	до 300		1350	Песчаники монолитные, кварцевые, галечники в основании	Ram
			Омахтинская	до 810		1360 K-Ar	Переслаивание терригенных пород с доломитами. В Майской СФЗ существенно доломитовая	
			Гонамская	до 425		1450—1520 K-Ar	Песчаники кварцевые, вишневые, прослой доломитов (50 м)	
	Нижний	Учурская				1650		

Рис. 2. Обобщенная литолого-стратиграфическая характеристика протерозойских отложений Алдано-Майской НГО по данным глубокого бурения.

Определения абсолютного возраста заимствованы из [Семихатов и др., 2000; Стратиграфия..., 2005; Варнавский, Кузнецов, 2011; Варнавский, 2015; и др.]. Полу жирным отмечены датировки границ согласно [Стратиграфический кодекс..., 2019].

устойчивых отражающих горизонтов, позволяющих проследить распространение отдельных свит и серий рифея по площади. В нижней и верхней частях рифейского разреза количество терригенного материала увеличивается, среда становится акустически более однородной и, соответственно, уменьшается количество устойчивых отражающих горизонтов и их амплитуда.

Венд представлен только верхним отделом в объеме юдомской серии. Отложения венда с глубоким размывом залегают на породах рифея и фундамента и образуют в подошве контрастную акустическую границу, на которой формируется реперное отражение VR. Юдомская серия характеризуется сильной фациальной изменчивостью, имеет двучленное строение, разделяясь снизу вверх на аимскую и усть-юдомскую свиты и их аналоги (см. рис. 2). На большей части Алдано-Майской НГО развиты преимущественно карбонатные породы. В базальной части увеличивается роль терригенных разностей, представленных гравелитами и кварцевыми песчаниками относительно малой мощности. Региональные выдержанные внутривендские сейсмические отражения отсутствуют.

Кембрий представлен нижним и средним отделом, относящимися к юдомо-оленинскому типу разреза [Стратиграфия..., 2016]. Он согласно, местами с размывом, залегает на вендских образованиях. По составу это преимущественно известняки и доломиты, реже мергели. Обогащенная органическим веществом иниканская свита нижнего—среднего кембрия мощностью 30—40 м служит надежным сейсмическим репером в пределах Алдано-Майской НГО. Она сложена углеродистыми и высокоуглеродистыми глинисто-кремнистыми известняками, кремнистыми аргиллитами, силицитами. Характерной особенностью среднего кембрия в интервале чайской и усть-майской свит майского яруса является косослоистое строение разреза, о чем свидетельствует клиноформный рисунок сейсмической записи.

ГЛАВНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

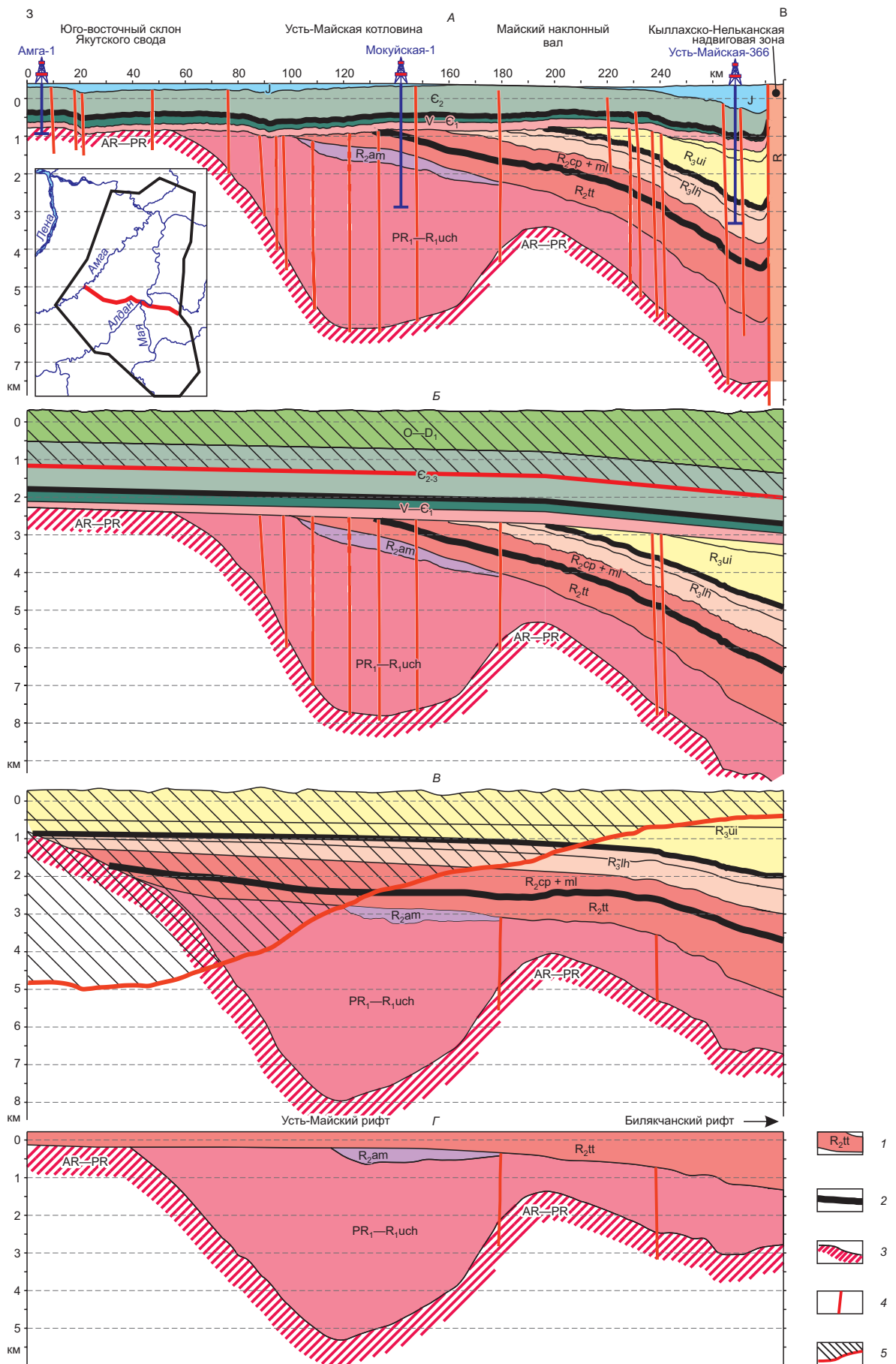
За время существования Алдано-Майского осадочного бассейна неоднократно происходили геологические события, которые приводили к коренной перестройке его структурно-тектонического облика. Наиболее полный и глубокий анализ таких событий, основываясь на ранних материалах геологических съемок, выполнил В.Г. Варнавский [2015, 2018]. Опираясь на результаты геологической съемки м-ба 1:200 000 и имеющиеся стратиграфические данные, он считает, что комплекс осадочных пород, сформировавших Алдано-Майский бассейн, начал образовываться в раннем протерозое (поздний карелий, 1732 млн лет) и завершился в раннем палеозое (на рубеже кембрия и ордовика, ~485 млн лет).

В ордовике продолжились процессы осадконакопления на востоке Сибирской платформы. По данным специалистов ФГУП «ВНИГРИ» [Органическая геохимия..., 1981; Баженова, 1992; Баженова, Маргулис, 2014], эпохой максимального погружения является ранний девон (393 млн лет). Т.К. Баженова [1992], анализируя осадочные формации и их соотношения в историко-геологической последовательности в связи с образованием нефтегазоматеринских горизонтов, выделила на Сибирской платформе «главный цикл развития» от конца венда до конца раннего девона, в течение которого накапливались «главные мощности». Ею было показано, что на границе раннего и среднего девона закончилось морское осадконакопление и погружение на обширных пространствах востока и юга Сибирской платформы, началась длительная эпоха денудации. К настоящему времени девонские отложения на исследуемой территории полностью денудированы, лишь на востоке в предсетедабанской части Южно-Верхоянского синклиналии отмечаются фрагментарные выходы на дневную поверхность ордовика, силура и девона.

Развитие осадконакопления в пределах Алдано-Майской НГО за столь длительную историю неоднократно прерывалось и усложнялось инверсионными событиями (магматизмом, орогенезом, пенеппенизацией рельефа, формированием кор выветривания). В.Г. Варнавский [2018] выделяет следующие наиболее крупные инверсионные события: в предрифейское время (1732—1670 млн лет), в первой половине среднего рифея (1300—1100 млн лет) и в предвендское время (680—650 млн лет). Инверсионные события фанерозоя, хотя они также были важны для формирования современной структуры Алдано-Майского бассейна и вероятного продолжения процессов генерации и аккумуляции и, что особенно важно, сохранения скоплений нефти и газа, В.Г. Варнавский не изучал. Рассмотрим основные из них на примере сейсмогеологического разреза протяженностью 280 км, секущего Алдано-Майскую НГО в субширотном направлении (рис. 3).

Образованию рифейского бассейна предшествовал раннепротерозойский рифтогенез (см. рис. 3, Г), в результате которого сформировались Билякчанский, Улканский и Усть-Майский рифты [Берзин и др., 2011; Константиновский, Липчанская, 2015]. На современном этапе Улканский грабен выведен на поверхность к югу от Алдано-Майской НГО, Билякчанский рифт, расположенный восточнее, сильно переработан последующими тектоническими движениями, а Усть-Майский рифт предполагается по сейсмическим данным на глубинах порядка 4—6 км (см. рис. 3, А). С востока он ограничен Майским наклонным валом, сформированным в это же время.

В пострифтовое время (аимчаний, керпылий, лахандий) осадконакопление происходило в условиях внутриконтинентального моря [Горошко, Гурьянов, 2008; Варнавский, 2015, 2018]. В морском бас-



сейне эпиконтинентального типа возникали условия, благоприятные для накопления тонкослоистых высокоуглеродистых пород малгинской свиты с содержанием $C_{орг}$ до 12.69 % [Суслова и др., 2017]. Уйское время характеризуется накоплением мощных толщ терригенных пород в Председтабанском прогибе мощностью более 1000 м [Стратиграфия..., 2005; Варнавский, 2015]. В предвендское время произошло воздымание юго-западной части территории, в результате эрозии, по нашим оценкам, было размыто до 5 км ранее накопленных отложений (заштрихованная область на рис. 3, В), сформировался восточный склон Алданской антеклизы.

В венде началась трансгрессия, охватившая весь Сибирский континент [Стратиграфия..., 2005]. Процесс осадконакопления в пределах Алдано-Майского бассейна, видимо, без существенных перерывов продолжался вплоть до конца раннего девона. К этому времени нефтегазоматеринские горизонты рифея (малгинская, игниканская свиты) погружались на глубины более 4—5 км (см. рис. 3, В). Реконструкция дальнейших событий затруднительна ввиду длительной доюрской денудации, уничтожившей значительную часть кембрийских и более молодых отложений.

В конце средней юры завершилось сближение Колымо-Омолейского микроконтинента (супертеррейна) с восточным краем Северо-Азиатского кратона. В результате коллизии возникли структуры Верхоянской складчатой области. Перед фронтом растущих горных сооружений начал формироваться Предверхоянский краевой прогиб [Тектоника..., 2001]. Прогиб выполнен преимущественно терригенными отложениями юры и нижнего мела. Терригенные отложения конца раннего мела и более молодые породы верхнего мела формировались после главной фазы складчатости и представлены породами континентального происхождения. Юрский терригенный осадочный комплекс залегает на венд-кембрийских отложениях с глубоким размытием и угловым несогласием. В результате киммерийского тектогенеза восточная часть Алдано-Майского бассейна была значительно деформирована (см. рис. 3, А).

Крупные перерывы в осадконакоплении: предтоттинский (рис. 4), предвендский (см. рис. 3, В), предъюрский (см. рис. 3, В) наряду с эпохами тектонического покоя, в течение которых на обширных площадях развивались выдержанные нефтегазоматеринские горизонты в малгинской, игниканской, иниканской, а также частично в нерюенской и усть-кирбинской свитах [Геология..., 1981; Органическая геохимия..., 1981; Баженова, Маргулис, 2014; Дахнова и др., 2014; Соболев и др., 2017; Суслова и др., 2017], в соответствии с принципами сейсмостратиграфии, являются благоприятными факторами для формирования устойчивых и реперных отражений на временных сейсмических разрезах [Embry, 2002; Hart, 2015; и др.]. Индексация отражающих горизонтов, прослеживаемых в пределах Алдано-Майской НГО в протерозойском интервале разреза, и их приуроченность к соответствующим стратиграфическим уровням показаны на рис. 2.

ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ РИФЕЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Разнофациальные — континентальные, прибрежно-морские и морские осадочные комплексы рифея и нижнего палеозоя юго-восточного склона Северо-Азиатского кратона (Алданская антеклиза) накапливались в условиях единого осадочного бассейна, открывавшегося в Охотско-Тихоокеанский сектор Мирового океана, и формировали одностороннюю синеклизу или гемисинеклизу [Конторович и др., 1999; Варнавский, 2018; Сафронов и др., 2019; и др.].

Кембрийские, вендские и рифейские отложения Алдано-Майской НГО на этапах седиментации представляли собой часть территории огромной области формирования перикратонных осадочных образований Охотско-Тихоокеанского сектора Мирового океана.

Анализ сейсмических данных и палеотектонических реконструкций (см. рис. 3) показывает, что западные границы распространения рифейских комплексов являются не седиментационными, а палеоденудационными. Они возникли в результате предвендского перерыва в осадконакоплении, вызванного воздыманием восточной части Алданской антеклизы и размытием огромной массы рифейских отложений, а местами, видимо, и пород фундамента. Это означает, что область рифейской седиментации была значительно больше и распространялась далеко на запад от Алдано-Майской зоны (см. рис. 3, В).

Рис. 3. Современный разрез (А) и палеоразрезы (Б—Г) по субширотному композитному сейсмическому профилю:

на конец раннего девона, ~393 млн лет (Б); на конец формирования усть-кирбинской свиты, ~680 млн лет (В); на начало формирования малгинской свиты, ~1000 млн л (Г). 1 — сейсмогеологические комплексы и их индексы (PR₁—R_{1uch} — нижнепротерозойско-учурский, R_{2am} — айчанский, R_{2tt} — тоттинский, R_{2cp} + ml — малгинско-ципандинский, R_{3lh} — лахандинский, R_{3ui} — уйский, V—C₁ — венд-нижнекембрийский, C₂₋₃ — верхнесреднекембрийский, O—D₁ — ордовикско-нижнедевонский, J — юрский); 2 — нефтегазоматеринские горизонты; 3 — породы фундамента; 4 — разломы; 5 — отложения, уничтоженные денудацией.

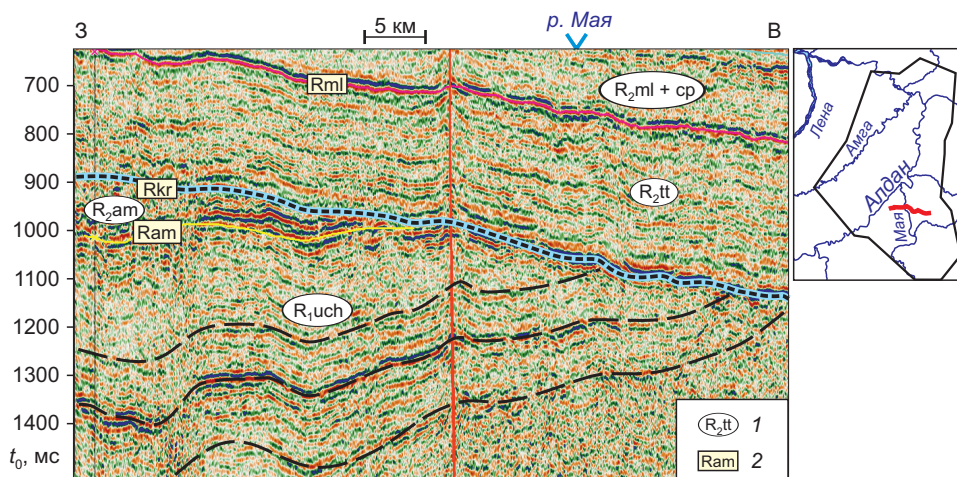


Рис. 4. Фрагмент временного разреза по профилю № 070302 (Восточно-Алданская площадь), демонстрирующий резкое угловое несогласие (предотттинский перерыв) между керпыльской (R_2) и учурской (R_1) сериями рифея.

1 — индексы сейсмокомплексов, соответствующих сериям и свитам рифея (см. рис. 3), 2 — индексы отражающих горизонтов (их стратификация показана на рис. 1).

Что касается восточных границ распространения рифейских осадочных образований Алдано-Майской НГО, то, как это давно установлено, они ограничены фронтальными складчато-надвиговыми дислокациями Верхоянского складчатого пояса [Тектоника..., 2001; Горошко, Гурьянов, 2008; Варнавский, Кузнецов, 2011; Старосельцев, Шишкин, 2012; и др.]. Эта граница, как было отмечено выше, начала формироваться только в юрский период. Значит область накопления рифейских отложений в бассейнах рек Алдан, Мая изолированным бассейном седиментации никогда не была и в этом смысле самостоятельным осадочным бассейном не является. Мощная линза рифейских образований в Алдано-Майской НГО сформировалась в результате трех разделенных во времени событий: рифейского осадконакопления на юго-восточном склоне Северо-Азиатского кратона, предвендского перерыва в осадконакоплении и размыва средневерхнерифейских отложений на западе этой территории и формирования в юре и мелу Верхоянского складчатого пояса. Бассейноподобное тело осадочных пород рифея (клин осадочных пород, срезанный на востоке складчато-надвиговыми дислокациями юрского периода) можно выделять, используя терминологию Н.Б. Вассоевича, только как осадочно-породный бассейн, сложенный образованиями рифея.

В результате интерпретации новых сейсмических данных были построены структурные карты и карты толщин по отдельным стратифицированным осадочным комплексам рифея, которые позволили воссоздать геологическую карту рифейских отложений с детальностью до серий и отдельных свит. На предвендскую эрозионную поверхность выходит весь спектр вскрытых скважинами комплексов рифея, последовательно омолаживаясь с запада на восток (рис. 5). Объем сохранившихся рифейских осадочных образований и площадь их развития постепенно сокращаются от нижнего рифея к верхнему. Эта карта существенно дополняет и уточняет аналогичные более ранние построения [Горошко, Гурьянов, 2008; Берилко и др., 2012a], выполненные до бурения параметрической скважины Усть-Майская-366 и завершения региональных сейсморазведочных работ.

В западной и северной частях Алдано-Майской НГО рифейские отложения отсутствуют, что подтверждают результаты бурения скважин Хочомская-1 и Ивановская-1, вскрывших на забое породы фундамента. Западная граница срезания рифейских отложений предвендской эрозионной поверхностью уверенно картируется по сейсмическим данным. На юге она протягивается в северо-восточном направлении примерно по водоразделу рек Амга и Алдан, далее к северу она пересекает р. Алдан и проходит немного восточнее скв. Джебарики-Хаинская-1, смыкаясь со структурами Верхояно-Колымской складчатой области. Субпараллельные полосы выходов рифейских свит веерообразно расходятся на юг примерно из одной области, соответствующей северной ветви Кыллахского надвига.

На основе построенной карты выполнен прогноз развития шести продуктивных горизонтов в разрезе верхнего и среднего рифея, обоснованы ловушки, связанные со стратиграфическим угловым несогласием [Константинова и др., 2022].

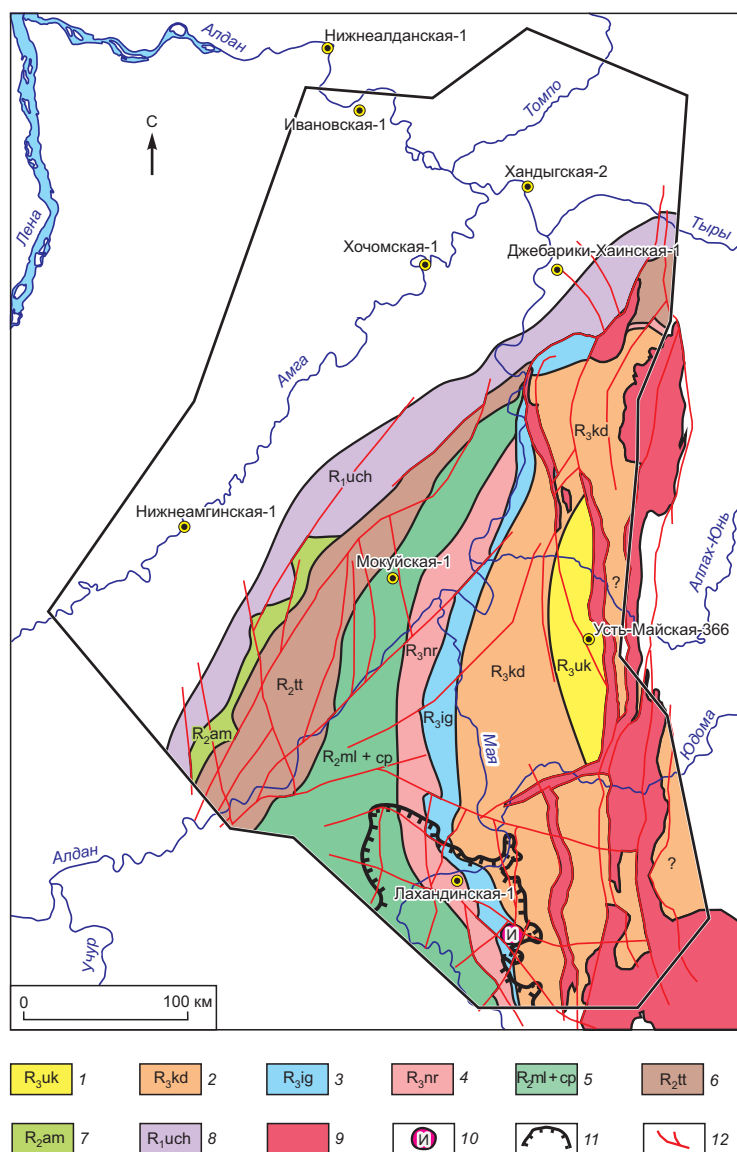


Рис. 5. Геологическая карта рифея со снятыми венд-фанерозойскими отложениями.

1—9 — рифейские образования: 1 — усть-кирбинской свиты, 2 — кандыкской свиты, 3 — игниканской свиты, 4 — нерюенской свиты и ее аналогов, 5 — малгинской и ципандинской свит, 6 — тоттинской свиты и ее аналогов, 7 — аимчанской серии, 8 — учурской серии и более древних пород, 9 — разновозрастные, тектонически нарушенные, выходящие на дневную поверхность; 10 — Ингилийский выступ фундамента; 11 — генерализованная линия выхода на дневную поверхность рифея на юге Алдано-Майской НГО; 12 — разломы.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

В строении рассматриваемой территории большое значение имеют разрывные нарушения. Мощные тектонические процессы, протекавшие в конце мезозоя, вызвали дробление фундамента на блоки, возникновение пологих деформаций чехла. Разрывные нарушения характеризуются исключительным разнообразием. Среди них выделяются разрывы фундамента, не имеющие отражения в верхних горизонтах осадочного чехла, разрывы, осложняющие довендские терригенно-карбонатные отложения, и сквозные, затрагивающие весь осадочный чехол. Большинство из них не сопровождается каким-либо магматизмом.

На основе анализа результатов предыдущих исследований, приведенных в опубликованных работах [Прокопьев, 1989; Горошко, Гурьянов, 2008; Нафиков, 2013; Горошко и др., 2016; и др.] и производственных отчетах ОАО «Якутскгеофизика» (В.А. Дьяконова, 2006, 2012, 2014; Т.И. Григорьева, 2010, 2012, 2014), которые базировались на геологическом картировании, линеаментном анализе потен-

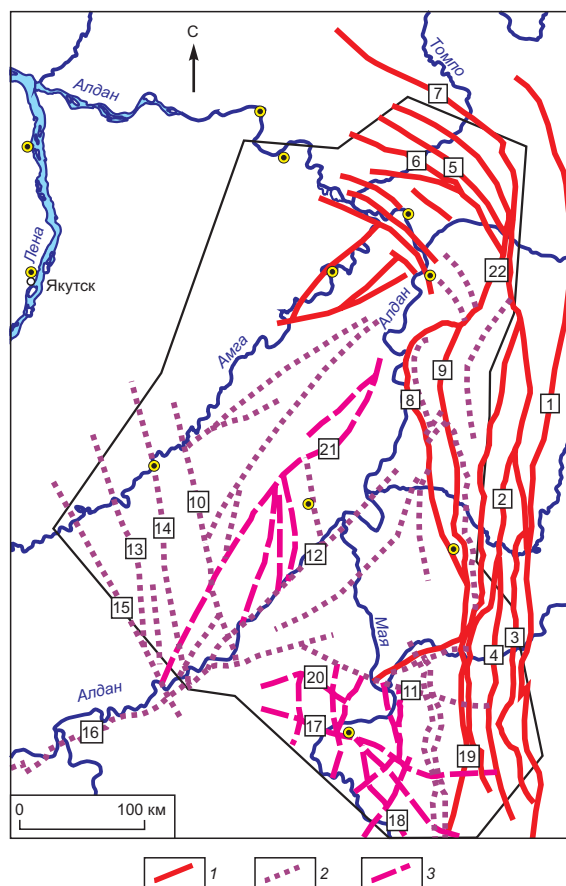


Рис. 6. Разломы, выделенные по комплексу геолого-геофизических данных.

1—3 — разломы, затухающие: 1 — в мезозое и кайнозое, 2 — в венде и кембрии, 3 — в рифее. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1. Цифрами обозначены разломы: 1 — Бурхалинский, 2 — Гувиндинский, 3 — Улахан-Бамский, 4 — Челатский, 5 — Нижнеалданский, 6 — Томпонский, 7 — Краинный, 8 — Кыллахский, 9 — Нельканский, 10 — Мильский, 11 — Алдано-Майский, 12 — Алданский, 13 — Белькачинский, 14 — Билирский, 15 — Танхайский, 16 — Усть-Майский, 17 — Ингилийский, 18 — Куранахский, 19 — Сарданахский, 20 — Южно-Дыгдинский, 21 — Мокуйский, 22 — Эбейке-Хаятинский.

циальных полей, дешифровке аэрофото- и космоснимков и интерпретации сейсмических данных, нами была актуализирована схема основных разрывных нарушений (рис. 6). На ней выделяются три типа разломов, затухающих в мезозойско-кайнозойских, палеозойских и рифейских отложениях. Наиболее крупные из них имеют собственные названия. Наличие большого количества протяженных высокоамплитудных разломов обуславливает необходимость учитывать их при построении сеточных моделей структурных карт по соответствующим стратиграфическим уровням.

Следует отметить, что ранее проведенными сейсморазведочными работами установлено совпадение тектонических нарушений мезозойского возраста с разломами, выделенными по результатам геологической съемки, однако некоторые нарушения, выделенные

по сейсморазведочным данным, не протрассированы в плане ввиду низкой плотности профилей.

Разломы имеют различную ориентировку, сонаправленную главным осям близлежащих крупных структурных элементов. Разломы, проникающие в толщи мезозоя и кайнозоя, на востоке имеют преимущественно субмеридиональное простирание (Кыллахский, Нельканский, Эбейке-Хаятинский, Бурхалинский, Гувиндинский), в северной части исследуемой территории они вытянуты с северо-запада на юго-восток (Нижнеалданский, Томпонский). Разломы палеозойского заложения приурочены в основном к Алдано-Амгинскому междуречью, где они группируются в две системы, одна из которых характеризуется преимущественно субмеридиональным направлением (Белькачинский, Билирский, Танхайский), вторая — северо-восточным с ориентировкой вдоль русла р. Алдан (Алданский, Усть-Майский). Разломы, затухающие в рифее, на юге территории в плане имеют хаотичную ориентировку, а в центральной части исследуемого полигона субпараллельны границам рифейских свит, выходящих на предвандскую поверхность регионального размыва.

Как следует из анализа главных тектонических событий, протерозойско-палеозойский осадочный чехол Алдано-Майской НГО делится на три структурных яруса: верхнекарельско-нижнерифейский, средневерхнерифейский и венд-кембрийский. Выполненные структурные построения послужили основой для тектонического районирования исследуемой территории по каждому из этих ярусов. При построении тектонической схемы верхнекарельско-нижнерифейского структурного яруса в качестве базовой была выбрана структурная карта по отражающему горизонту F (подошва учурско-нижнепротерозойского сейсмокомплекса/кровля фундамента), средневерхнерифейского — Rm1, венд-кембрийского — V—C₁.

При тектоническом районировании был использован традиционный подход к выделению тектонических элементов на структурных картах нефтегазоносных районов и областей [Наливкин, 1962; Решения..., 1963; Конторович, 2002]. Классификация тектонических элементов в дальнейшем несколько уточнялась применительно к Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции [Конторович и др., 2004, 2009]. Последний опубликованный вариант этой классификации был принят за основу.

Тектоническая схема верхнекарельско-нижнерифейского структурного яруса. Верхнекарельско-нижнерифейский структурный ярус имеет сложное внутреннее строение, формирующие его отложения слагают палеорифтовые структуры (грабены). В пределах полигона исследований образования карелия—нижнего рифея занимают площадь до 100 тыс. км². Западная граница проведена по полному срезанию этих отложений предвандской поверхностью. Стоит отметить, что на севере в Предверхоанском прогибе рифейские отложения по сейсмическим данным не прогнозируются.

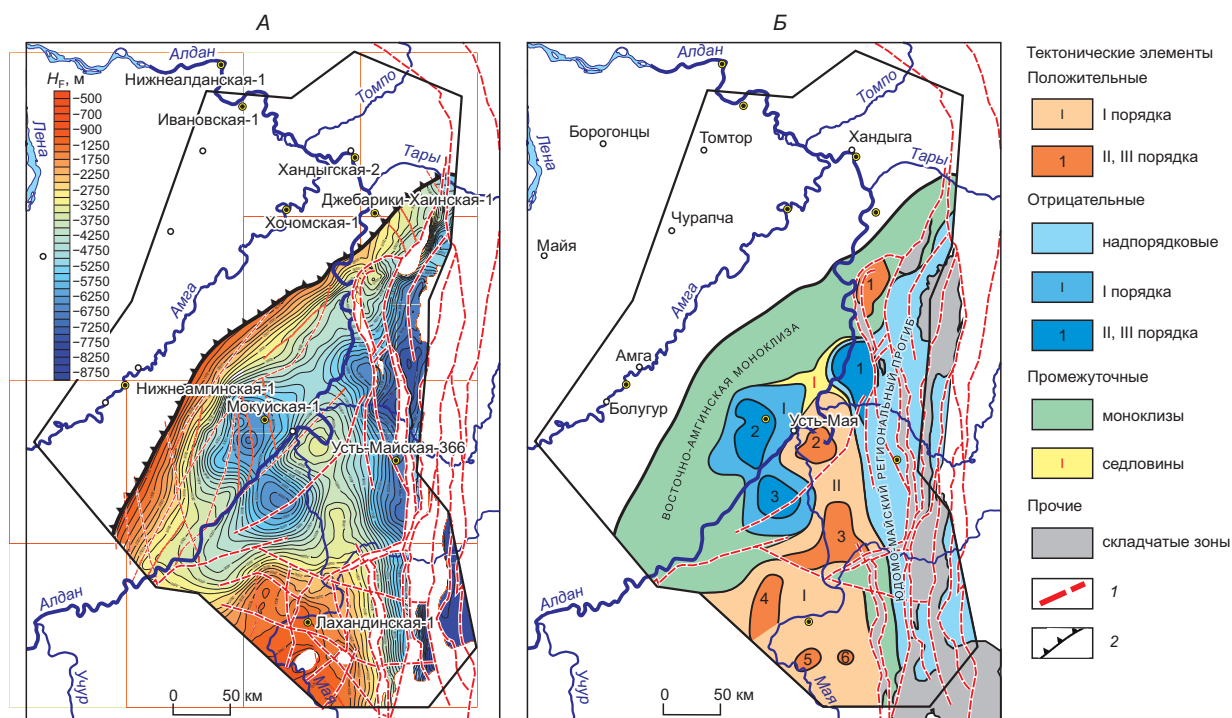


Рис. 7. Структурная карта по кровле фундамента (А) и тектоническая схема верхнекарельско-нижнерифейского структурного яруса (Б).

Тектонические элементы: положительные (I — Лахандинский свод, II — Майский наклонный вал, 1 — Кыллахское кп, 2 — Северо-Майское кп, 3 — Южно-Майский структурный мыс, 4 — Даланский вал, 5 — Омнинское кп, 6 — Ингилийский выступ), отрицательные (I — Усть-Майская котловина, 1 — Эльдиканская мульда, 2 — Мокуйская мульда, 3 — Южно-Майская мульда), промежуточные (I — Нуотарская седловина); 1 — линии основных разломов, 2 — граница распространения структурного яруса.

В пределах Алдано-Майской НГО кровля фундамента залегает в широком гипсометрическом диапазоне — от 8000 м и более до выхода на дневную поверхность в пределах Ингилийского выступа (рис. 7, А).

В рельефе кровли фундамента выделяются две крупные отрицательные структуры — Юдомо-Майский региональный прогиб и Усть-Майская котловина, разделенные контрастной положительной структурой — Майским наклонным валом. На юге обособляется обширная положительная структура — Лахандинский свод (см. рис. 7, Б).

Юдомо-Майский региональный прогиб имеет площадь 20 тыс. км². Его западная граница проведена по изогипсе –5000 м, амплитуда составляет около 2500 м. В бассейне р. Алдан на северо-западе Юдомо-Майский прогиб осложняет Эльдиканская мульда, ограниченная Кыллахским надвигом. Прогиб интенсивно нарушен структурами Кыллахско-Нельканской зоны надвигов Верхоянского складчато-надвигового пояса, которые ограничивают его с востока. На единичных разрезах, секущих его в поперечном направлении, выделяется серия структур более высокого порядка, однако редкая сеть профилей не позволяет достоверно определить их параметры. Некоторые из них, например, Мутулинское поднятие, представляют интерес в нефтегазоносном отношении [Мигурский, Соболев, 2015].

Второй по площади (8.3 тыс. км²) отрицательной структурой является Усть-Майская котловина. К ней приурочена одноименная палеорифтовая структура. Усть-Майская котловина имеет амплитуду более 1500 м. На севере и на юге она осложнена двумя мульдами Мокуйской и Южно-Майской площадью 1.6 и 1.1 тыс. км² соответственно. Между северо-восточным окончанием Усть-Майской котловины и Эльдиканской мульдой выделена Нуотарская седловина.

Майский наклонный вал имеет площадь 9.2 тыс. км². Его амплитуда 1500 м. Вал осложнен двумя положительными структурами — Северо-Майским куполовидным поднятием (кп) и Южно-Майским структурным мысом. Северо-Майское куполовидное поднятие представляет собой изометричную структуру, ограниченную изогипсой –3750 м, имеет площадь 788 км², амплитуду 300 м. Южно-Майский структурный мыс с юга ограничен разломами, на севере проведен по изогипсе –3750 м. С Майским наклонным валом связывают существование в среднерифейских и вендских отложениях крупной Май-

ской неантиклинальной ловушки размерами 100×200 км, выявленной по результатам сейсморазведочных работ на Алдано-Майской и Восточно-Алданской площадях.

Лахандинский свод имеет площадь 12,3 тыс. км². Его амплитуда 2500 м. Он отделен от Майского наклонного вала Алдано-Майским глубинным разломом. Свод осложнен тремя положительными структурами — *Даланским валом*, *Омнинским куполовидным поднятием* и *Ингилийским выступом*. Фундамент в пределах этих структур залегает не глубже 1500 м. Все они имеют дизъюнктивные ограничения. В пределах свода отмечены многочисленные приповерхностные проявления битумов в породах рифея, пластовые и жильные, а также капельно-жидкая нефть в керне одноименной скважины.

Вдоль западной границы распространения отложений верхнекарельско-нижнерифейского структурного яруса развита обширная *Восточно-Амгинская моноклиза*, по существу представляющая собой продолжение восточного склона Алданской антеклизы. С северо-востока на юго-запад она протягивается на 450 км. Ширина моноклизы меняется от 35 км на севере до 250 км на юге. Ее площадь составляет порядка 65 тыс. км².

Тектоническая схема средневерхнерифейского структурного яруса. Как было показано выше, по мере омоложения рифейских отложений площадь их распространения сокращается. В пределах полигона исследований малгинская свита среднего рифея занимает площадь около 60 тыс. км². Срезание малгинской свиты в западном направлении четко фиксируется на сейсмических разрезах, благодаря реперным свойствам горизонта Rml. После отработки сейсмических профилей, связывающих Лахандинскую и Мокуйскую скважины, стало возможным надежно обосновать положение малгинской свиты в разрезе последней [Развозжаева, 2020].

В структурном плане рельеф подошвы малгинской свиты представляет собой моноклиналь с падением на восток. Сгущение изолиний в этом же направлении свидетельствует об увеличении градиента погружения (рис. 8, А). Свита залегает на глубинах от +200 м на юге до –4500...–5800 м на востоке, где ее структурный план резко осложняется дислокациями Верхояно-Колымской складчатой области (рис. 9). На севере распространение свиты ограничивается Кыллахским и Эбейке-Хаятинским разломами.

На тектонической схеме средневерхнерифейского структурного яруса выделена только одна крупная отрицательная структура — *Юдомо-Майский региональный прогиб* (см. рис. 8, Б). По своим параметрам он практически идентичен прогибу, выделяемому в рельефе кровли фундамента, и имеет площадь 19,1 тыс. км². Его западная граница проведена по изогипсе –2300 м, амплитуда 1900 м. На севере прогиб переходит в *Окраинную седловину*.

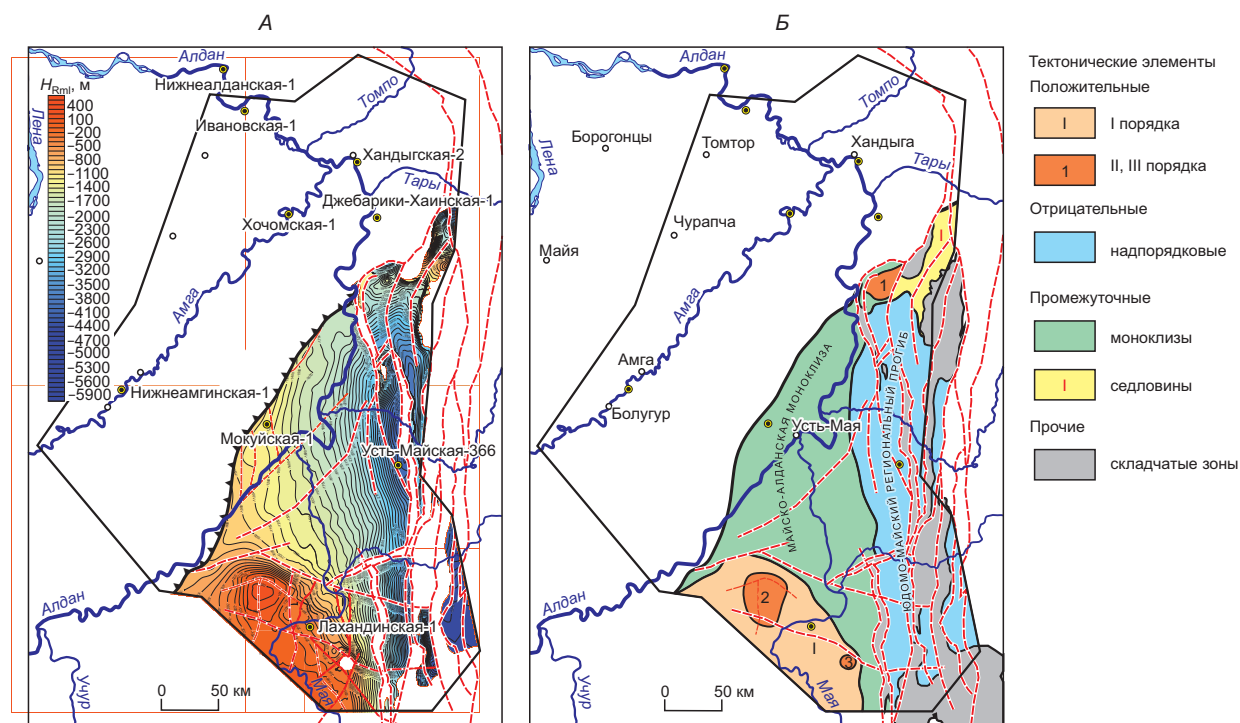


Рис. 8. Структурная карта по подошве малгинской свиты (А) и тектоническая схема верхнесреднерифейского структурного яруса (Б).

Тектонические элементы: положительные (1 — Лахандинский свод, 1 — Кыллахское кп, 2 — Даланское кп, 3 — Ингилийский выступ), промежуточные (1 — Окраинная седловина). Остальные усл. обозн. см. на рис. 7.

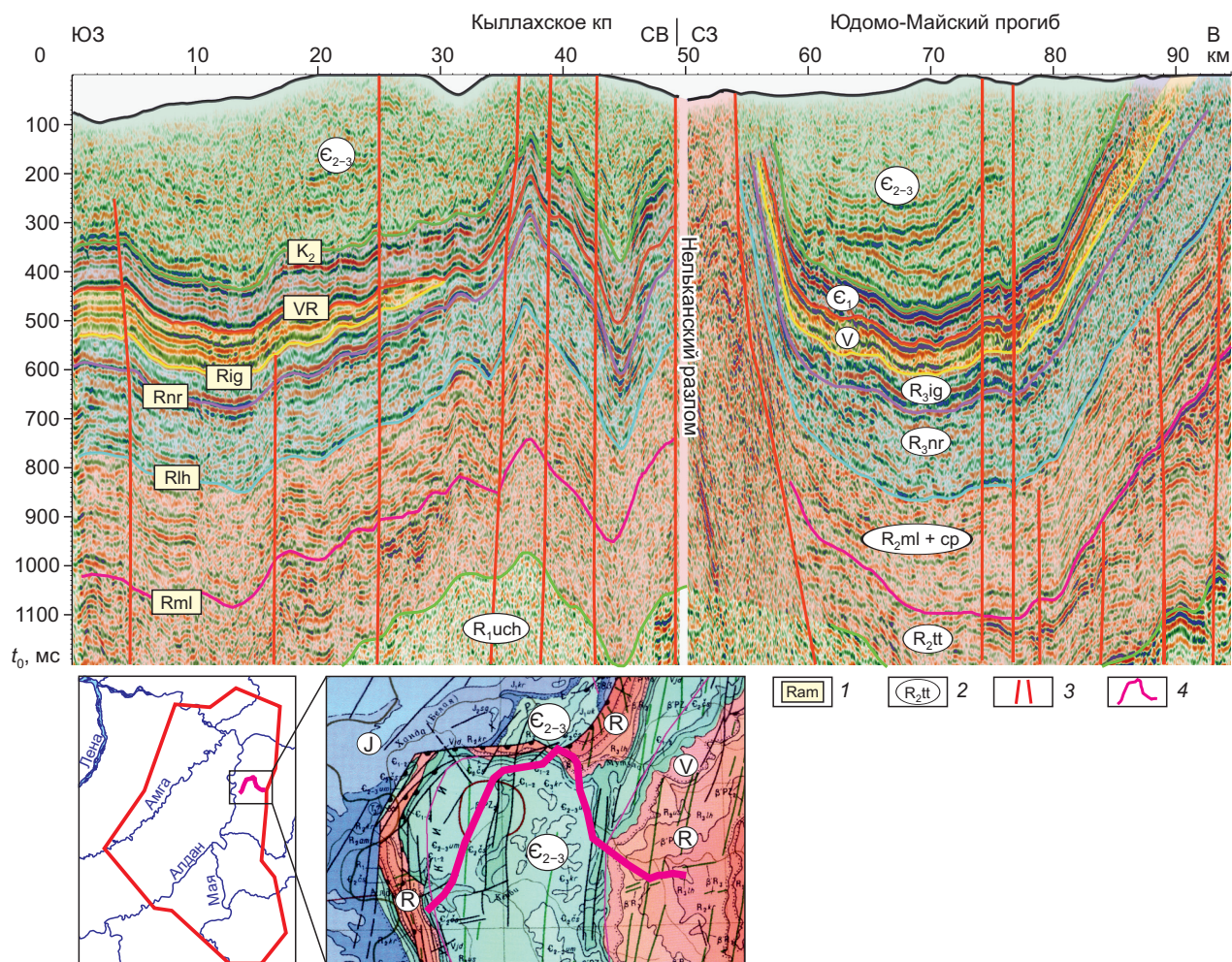


Рис. 9. Временной сейсмогеологический разрез по композитному профилю № 080314+080316 (Хандыгская площадь).

1 — индексы отражающих горизонтов: Rlh — подошва лахандинской серии, Rnr — кровля нерюенской свиты, Rlg — кровля игниканской свиты, VR — подошва венда, K₂ — подошва иниканской свиты, индексы остальных отражающих горизонтов см. рис. 2; 2 — индексы сейсмокомплексов, соответствующих сериям и свитам рифея см. рис. 5; 3 — разломы, 4 — линия разреза.

Всю западную часть тектонической схемы занимает обширная моноклиза, монотонно погружающаяся на восток. Контрастные структуры, выделяемые на схеме нижнего структурного яруса, Усть-Майская котловина и Майский наклонный вал в рельефе подошвы малгинской свиты полностью отсутствуют. Учитывая существенное смещение на восток этой моноклизы по сравнению с Амгинско-Алданской моноклизой, предлагается назвать ее *Майско-Алданской*. Река Алдан протекает над территорией Майско-Алданской моноклизы с юго-запада на север, а р. Мая субмеридионально над центральной частью моноклизы с юга на север до впадения в р. Алдан. Ширина моноклизы уменьшается от 150 км на юге до 20 км на севере, где она осложняется *Кыллахским кп*. Ее площадь превышает 26 тыс. км².

К югу от Майско-Алданской моноклизы также выделяется *Ляхандинский свод* площадью более 10 тыс. км². Его амплитуда составляет 900 м. Свод осложнен двумя положительными структурами — *Даланским кп* и *Ингилийским выступом*. Даланское поднятие представлено относительно изометричной положительной структурой, замыкаемой по нулевой изогипсе, площадью около 1270 км² и амплитудой более 200 м. Оно нарушено разломами различной ориентировки: Южно-Дыгдинским, Ингилийским и другими.

Тектоническая схема венд-кембрийского структурного яруса. Венд-кембрийские отложения на исследуемой территории развиты повсеместно, за исключением самой северо-западной части исследуемой территории, где они срезаются предмезозойским перерывом. Подошва венда залегает в широком диапазоне глубин (рис. 10, А): на юге венд выходит на поверхность, на север в сторону Предверхо-янского прогиба он нелинейно, с нарастающим градиентом, погружается на глубины более 9000 м. На

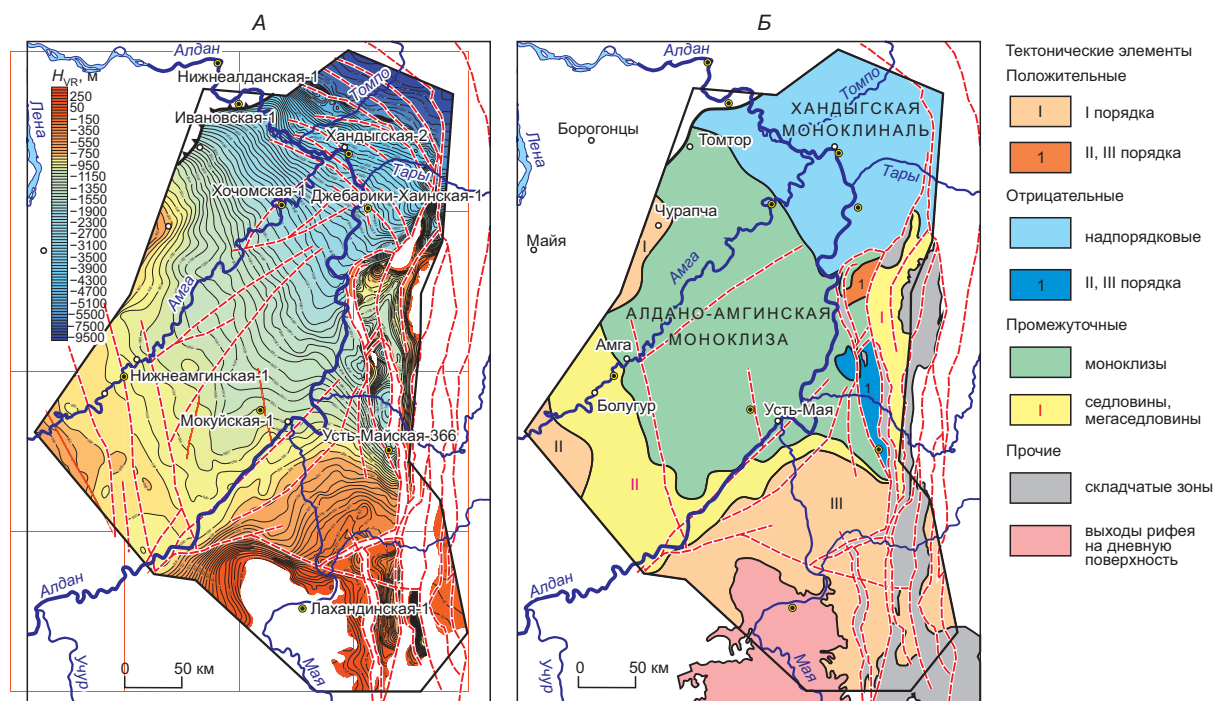


Рис. 10. Структурная карта по подошве венда (А) и тектоническая схема венд-кембрийского структурного яруса (Б).

Тектонические элементы: положительные (I — Якутский свод, II — Голбинский мегавыступ, III — Лахандинский свод, 1 — Кыллахское кп), отрицательные (1 — Усть-Майский врез), промежуточные (I — Окраинная седловина, II — Нижнеамгинская мегаседловина). Остальные усл. обозн. см. на рис. 7.

севере деформации осадочного чехла принимают разломно-блоковый характер. По Томпонскому, Нижнеалданскому, Окраинному и другим разломам северо-западного простирания на временных разрезах фиксируются смещения венд-кембрийских толщ по типу сбросов (рис. 11). В отдельных случаях амплитуды смещения по разломам составляют более 1000 м. Обособленных замкнутых структур в рельефе подошвы венда практически не выделяется.

Тектоническая схема венд-кембрийского структурного яруса Юдомо-Майского региона показывает коренную перестройку Алдано-Майского региона после предвендского тектонического события

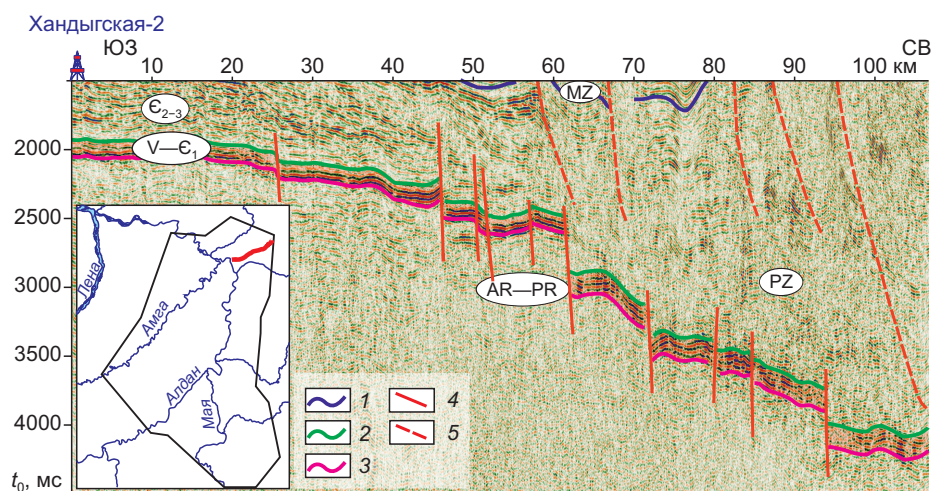


Рис. 11. Временной сейсмогеологический разрез по профилю № 100305 (Северо-Хандыгская площадь).

1—3 — отражающие горизонты: 1 — подошва мезозоя, 2 — кровля инниканской свиты, 3 — кровля фундамента; 4, 5 — разломы: 4 — уверенные, 5 — менее уверенные.

(см. рис. 10, Б). Центральную часть исследуемой территории занимает обширная *Алдано-Амгинская моноклиза* площадью 50 тыс. км². На западе она граничит с *Якутским сводом*, на юге с *Нижнеамгинской мегаседловиной*. С востока моноклизу ограничивает вытянутая в меридиональном направлении *Окраинная седловина* размерами 270 × 32 км и осложняют две структуры более мелкого порядка: *Кылахское кп* и *Усть-Майский врез*, имеющие тектонические ограничения. К северу от Алдано-Амгинской моноклизы расположена *Хандыгская моноклиналь* Предверхоанского краевого прогиба. Площадь Хандыгской моноклинали 27 тыс. км².

Нижнеамгинская мегаседловина имеет площадь 17,5 тыс. км², на юго-востоке граничит с *Лахандинским сводом*, на юго-западе с *Голбинским мегавыступом*. Лахандинский свод имеет площадь более 24,3 тыс. км², амплитуду 1100 м. С севера он ограничивается по изогипсе –850 м. В центральных частях свода венд-кембрийские отложения размыты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные за последние годы материалы региональных геолого-разведочных работ позволили существенно уточнить представление о глубинном строении осадочного чехла Алдано-Майской перспективной НГО, а также скорректировать нефтегазогеологическое районирование на востоке Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Поддерживая идею выделения отдельной Алдано-Майской перспективной НГО, специалисты ИНГГ СО РАН считают, однако, что ее площадь в построениях СНИИГТиМС и ВНИГНИ неоправданно расширена на запад. Алдано-Майский регион как территорию с особым геологическим строением и как потенциально перспективную нефтегазоносную область необходимо обособить. Как следует из новейших материалов глубокого бурения и сейсморазведки и изложенного выше, это регион, на территории которого широко развиты осадочные образования рифея.

Алдано-Майская перспективная НГО в том варианте, в котором она выделена специалистами СНИИГТиМС и ВНИГНИ, помимо поля широкого развития рифея включает также территории, где в настоящее время рифей отсутствует, и на фундаменте залегают отложения венда—кембрия. Такое проведение этой границы не соответствует принципам нефтегазогеологического районирования, принятым в СССР и России (А.А. Бакиров, Г.Х. Дикенштейн, А.Э. Конторович, С.П. Максимов, И.И. Нестеров, В.В. Семенович и др.) [Конторович и др., 1976; Нефтегазоносные провинции..., 1977; Геология..., 1981; и др.]. На схеме, принятой в ИНГГ СО РАН (см. рис. 1), территория Алдано-Майской перспективной НГО ограничена областью распространения пород рифейского осадочного комплекса.

В результате обобщения и интерпретации сейсмических данных по девяти региональным проектам были построены сейсмогеологические разрезы, структурные карты, карта пространственного размещения отдельных сейсмогеологических комплексов рифея, а также выполнено тектоническое районирование осадочного чехла по трем структурным ярусам: верхнекарельско-нижнерифейскому, средневерхнерифейскому и венд-кембрийскому.

На тектонических схемах нижних двух ярусов выделяется обширный Юдомо-Майский региональный прогиб субмеридионального простирания, граничащий на западе с моноклизмами. Ключевое отличие двух схем заключается в том, что на тектонической схеме верхнекарельско-нижнерифейского яруса моноклизу осложняет Усть-Майская рифтовая котловина, отделенная от Юдомо-Майского прогиба крупной контрастной положительной структурой — Майским наклонным валом. В рельефах среднерифейских и более молодых структурных поверхностей Майский вал и Усть-Майская рифтовая система не выделяются. Сравнительный анализ рифейских и венд-кембрийских структурных ярусов показывает коренную перестройку тектонического плана. Региональный тренд погружения меняется с восточного направления на северное. Большинство структур, выделяемых в рельефе подошвы венда, не находят отражение в нижележащих структурных поверхностях.

Толща терригенно-карбонатных рифейских осадочных пород образует клин мощностью от нуля до 8—9 км, верхняя граница которого денудационная, с угловым несогласием перекрытая вендом, а восточная — тектоническая, ограниченная структурами Верхояно-Колымской складчатой области. Эта линза пород является остатком гигантского рифейского осадочного чехла, который впоследствии редуцировали два главных тектонических события — формирование Алданской антеклизы на рубеже рифея венда с денудацией ранее накопленных отложений на западе и орогенез в конце мезозоя на востоке, сопровождавшиеся дисъюнктивными тектоническими процессами. Рифейские отложения Алдано-Майской НГО следует рассматривать в качестве перспективного с точки зрения нефтегазоносности осадочно-породного бассейна, в котором имеются все предпосылки для генерации и аккумуляции промышленных скоплений углеводородов.

Основной ресурсный потенциал Алдано-Майской перспективной НГО по аналогии с Юрубчено-Тохомской зоной нефтегазонакопления, видимо, будет связан с рифейскими отложениями. Крупных замкнутых положительных структур в рельефах средневерхнерифейских и венд-кембрийских отложе-

ний практически не выделяется. Возможные области скопления рифейской нефти следует связывать в первую очередь с зонами эрозионного срезания коллекторских горизонтов нерюенской, кандыкской и ципандинской свит под предвендскую эрозионную поверхность и с базальными горизонтами венда.

Построенная в результате исследований геологическая модель, включающая наборы временных и глубинных разрезов, структурных карт и карт толщин, может служить в качестве исходной информации для реконструкции процессов нефтеобразования, аккумуляции и сохранения залежей нефти в Алдано-Майской перспективной НГО. Полученные результаты позволяют районировать исследуемую территорию по возрасту перспективных на нефть и газ рифейских комплексов и создать надежную геологическую основу для оценки перспектив нефтегазоносности объемно-статистическим методом, а также картирования нефтепроизводящих отложений, прогноза уровня катагенетической преобразованности органического вещества нефтепроизводящих пород, прогноза распространения и качества проницаемых комплексов и флюидопоров, что важно для планирования дальнейших поисковых работ.

Авторы благодарны рецензентам Т.М. Парфеновой и Ю.Ф. Филиппову за подробный анализ, плодотворную критику и ценные замечания, которые позволили значительно улучшить текст статьи.

Работа выполнена в рамках проекта фундаментальных научных исследований № FWZZ-2022-0008 «Цифровые геолого-геофизические модели Лено-Тунгусской и Лено-Вилуйской 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

Баженова Т.К. Эволюция нефтегазообразования и нефтегазонакопления в палеозое—допалеозое Сибирской платформы и прогноз нефтегазоносности: Автореф. дис....д.г.-м.н. СПб, ВНИГРИ, 1992, 50 с.

Баженова Т.К., Маргулис Л.С. Нефтегазообразование в Алдано-Майском бассейне Сибирской платформы // Нефтегазовая геология. Теория и практика [Электронный ресурс], 2014, т. 9, № 4, https://www.ngtp.ru/rub/1/44_2014.pdf.

Берзин А.Г., Оболкин А.П., Севостьянов С.Ю., Егосин А.А., Дьяконова В.А. Новые данные по геологии Алдано-Майского прогиба // Отечественная геология, 2011, № 6, с. 21—26.

Берилко Г.А., Страхов А.Н., Шишкин Б.Б., Соболев П.Н. Прогноз потенциально-нефтегазоносных зон рифея по сейсмическим данным в Председателбанском прогибе // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2012а, № 1 (9), с. 79—85.

Берилко Г.А., Шишкин Б.Б., Страхов А.Н. О перспективах нефтегазоносности среднекембрийских отложений в бассейне р. Амга (восточная часть Алданской антеклизы) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2012б, № 3 (11), с. 38—43.

Варнавский В.Г. Алдано-Майский осадочный бассейн (юго-восток Северо-Азиатского кратона): литостратиграфия докембрия, кембрия // Тихоокеанская геология, 2015, т. 34, № 2, с. 82—102.

Варнавский В.Г. Седиментационный аспект эволюции, нефтегазоносности Алдано-Майского осадочного бассейна (юго-востока Северо-Азиатского кратона) // Тихоокеанская геология, 2018, т. 37, № 3, с. 82—97, doi: 10.30911/0207-4028-2018-37-3-82-97.

Варнавский В.Г., Кузнецов В.Е. Область рифей-венд-кембрийского седиментогенеза юго-восточной окраины Северо-Азиатского кратона: геолого-структурное положение, районирование // Тихоокеанская геология, 2011, т. 30, № 5, с. 67—79.

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

Горошко М.В., Гурьянов В.А. Мезо-неопротерозойские комплексы чехла юго-востока Сибирской платформы: условия образования и основные черты тектоники // Геотектоника, 2008, № 2, с. 80—96.

Горошко М.В., Шевченко Б.Ф., Гурьянов В.А., Гильманова Г.З. Тектоника и металлогения зоны сочленения Северо-Азиатского кратона и Тихоокеанского тектонического пояса // Тихоокеанская геология, 2016, т. 35, № 1, с. 15—30.

Губин И.А., Константинова Л.Н. Строение разреза рифейских отложений Алдано-Майской НГО по сейсмическим данным // Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа — XXI век: материалы Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посвященной 150-летию акад. АН СССР И.М. Губкина и 110-летию акад. АН СССР и РАН А.А. Трофимука (г. Новосибирск, 14-15 сентября 2021 г.). Новосибирск, ИПЦ НГУ, 2021, с. 244—247.

Давыдов Ю.В., Колосов П.Н., Авдеева В.И., Файзулина З.Х. Стратиграфический разрез верхнего докембрия Мокуйской скважины (Юго-Восточная Якутия) // Бюллетень научно-технической инфор-

мации. Геология и полезные ископаемые Якутии / Ред. К.А. Лазебник. Якутск, ЯФ СО АН СССР, 1982, с. 6—13.

Дахнова М.В., Жеглова Т.П., Можегова С.В. Генерационные характеристики ОВ и распределение биомаркеров в битумоидах нефтематеринских пород рифея, венда и кембрия // Геология и геофизика, 2014, т. 55 (5—6), с. 953—961.

Канакон М.С., Лапковский В.В., Конторович В.А., Канакова К.И., Шорохов Ю.С. Программный комплекс интерпретации сейсмических и скважинных данных W-Seis // Геофизические технологии, 2022, № 2, с. 77—91, doi: 10.18303/2619-1563-2022-2-77.

Карта нефтегазоносности Российской Федерации и сопредельных стран СНГ. М-б 1:5 000 000 / Под редакцией К.А. Клещева, А.И. Варламова. М., ВНИГНИ, 2012 г.

Константинова Л.Н., Губин И.А., Моисеев С.А., Абдулин М.И. Перспективы нефтегазоносности рифея Алдано-Майской нефтегазоносной области // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2022, № 11s, с. 49—55, doi: 10.20403/2078-0575-2022-11с-49-55.

Константиновский А.А., Липчанская Л.Н. Билякчанский и Улканский раннедокембрийские рифты: строение и особенности структурной позиции // Отечественная геология, 2015, № 2, с. 57—70.

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 нефтидообразования и нефтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1676—1693.

Конторович А.Э., Беляев С.Ю., Конторович А.А., Красавчиков В.О., Мандельбаум М.М., Моисеев С.А., Сафронов А.Ф., Ситников В.С., Хоменко А.В. Тектоника венд-силурийского структурного яруса осадочного чехла Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (Сибирская платформа) // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (1), с. 100—109.

Конторович А.Э., Беляев С.Ю., Конторович А.А., Старосельцев В.С., Мандельбаум М.М., Мигурский А.В., Моисеев С.А., Сафронов А.Ф., Ситников В.С., Филиппов Ю.А., Хоменко А.В., Еремин Ю.Г., Быкова О.В. Тектоническая карта венд-нижнепалеозойского структурного яруса Лено-Тунгусской провинции Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2009, т. 50 (8), с. 851—862.

Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. Новосибирск, Изд-во «ГЕО», 2002, 253 с.

Маргулис Л.С., Ковнир Б.Д., Сереженков С.В., Нафиков И.Ф. Строение юго-восточного перикратонного погружения Сибирской платформы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. [Электронный ресурс], 2015, т. 10, № 1, http://www.ngtp.ru/rub/4/11_2015.pdf.

Мигурский А.В., Соболев П.Н. Мутулинское поднятие — главный объект нефтегазопроисковых работ во фронтальной части Кыллахской зоны Верхоянского пояса складчато-надвиговых дислокаций // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2015, № 2 (22), с. 26—33.

Наливкин В.Д. О морфологической классификации платформенных структур // Геология нефти и газа, 1962, № 8, с. 24—28.

Нафиков И.Ф. Особенности геологического строения и нефтегазоносности Алдано-Майской впадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика. [Электронный ресурс], 2013, т. 8, № 3, http://www.ngtp.ru/rub/4/34_2013.pdf.

Нефтегазоносные провинции СССР / Г.Х. Дикенштейн, И.М. Алиев, Г.А. Аржевский, В.А. Киров, А.Э. Конторович, С.П. Максимов, В.Д. Наливкин, И.И. Нестеров, Н.С. Сабанеев, В.В. Семенович, Ю.Н. Швембергер. М., Недра, 1977, 328 с.

Органическая геохимия палеозоя и допалеозоя Сибирской платформы и прогноз нефтегазоносности / Под ред. К.К. Макарова, Т.К. Баженовой. Л., Недра, 1981, 211 с.

Прокопьев А.В. Кинематика мезозойской складчатости западной части Южного Верхоянья. Якутск, ЯНЦ СО АН СССР, 1989, 128 с.

Развозжаева Е.П. Сейсмостратиграфическая модель Алдано-Майского осадочного бассейна (юго-восток Сибирской платформы) // Тихоокеанская геология, 2020, т. 39, № 5, с. 25—47, doi: 10.30911/0207-4028-2020-39-5-25-47.

Решения совещания по классификации платформенных структур. Л., ВНИГРИ, 1963, 16 с.

Сафронов А.Ф., Чалая О.Н., Зуева И.Н., Сивцев А.И. Перспективы нефтегазоносности Алдано-Майского прогиба // Георесурсы, 2019, т. 21, № 1, с. 64—70, doi: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.1.64-70>.

Семихатов М.А., Овчинникова Г.В., Горохов И.М., Кузнецов А.Б., Васильева И.М., Гороховский Б.М., Подковыров В.Н. Изотопный возраст границы среднего и верхнего рифея: Pb-Pb

геохронология карбонатных пород лахандинской серии, Восточная Сибирь // ДАН, 2000, т. 372, № 2, с. 216—221.

Соболев П.Н., Шиганова О.В., Дыхан С.В., Ахмедова А.Р. Новые данные о перспективах нефтегазоносности Алдано-Майской впадины // Геология и геофизика, 2017, т. 58 (3—4), с. 643—656, doi: 10.15372/GiG20170325.

Старосельцев В.С., Шишкин Б.Б. Тектонические условия накопления кембрийских битуминозных пород востока Сибирской платформы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2012, № 2 (10), с. 38—45.

Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. Т. 1. Стратиграфия / Ред. А.Э. Конторович. Новосибирск, ИНГГ СО РАН, 2016, 497 с.

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

Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное / Ред. А.И. Жамойда. СПб, ВСЕГЕИ, 2019, 96 с.

Суслова Е.А., Парфенова Т.М., Сараев С.В., Наговицин К.Е. Органическая геохимия пород малгинской свиты мезопротерозоя и обстановки их формирования (юго-восток Сибирской платформы) // Геология и геофизика, 2017, т. 58 (3—4), с. 628—642.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Под ред. Л.М. Парфенова, М.И. Кузьмина. М., МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, 571 с.

Фомин А.М., Константинова Л.Н., Губин И.А., Моисеев С.А. Результаты корреляции протерозойско-фанерозойских разрезов глубоких скважин и нефтегазоносные комплексы Алдано-Майской потенциально нефтегазоносной области // Нефтегазовая геология. Теория и практика. [Электронный ресурс], 2022, т. 17, № 3, https://www.ngtp.ru/upload/iblock/0dd/29_2022.pdf. doi: https://doi.org/10.17353/2070-5379/29_2022.

Шишкин Б.Б., Берилко Г.А., Соболев П.Н., Старосельцев В.С., Страхов А.Н. Строение и перспективы нефтегазоносности Алдано-Майской впадины // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2010, № 4, с. 26—40.

Embry A.F. Transgressive-regressive (T-R) sequence stratigraphy // 22nd Annu. Gulf Coast Sect. SEPM Foundation Bob F. Perkins Res. Conf., 2002, p. 151—172, doi: 10.5724/gcs.02.22.0151.

Hart B.S. Whither seismic stratigraphy? // Interpretation, 2013, v. 1 (1), p. SA3—SA20, doi: 10.1190/INT-2013-0049.1.