

Происхождение палеозойских террейнов северо-восточной Азии: геологические доказательства раскола перикратонной окраины Сибирского палеоконтинента и миграции её фрагментов

Каныгин А. В., Гонга Т. В., Тимохин А. В.

Аннотация

В статье рассматривается геодинамическая история террейнов северо-восточной Азии в течение палеозоя с учетом стратиграфических, палеонтологических и седиментологических данных, свидетельствующих о первоначальной принадлежности ныне разобщенных среди мезозойских структур докембрийского ранне- и среднепалеозойского возраста к пассивной окраине Сибирского палеоконтинента. Эти данные приведены в предыдущей статье авторов [Каныгин и др., 2020]. Показана унаследованность и синхронность осадконакопления, магматизма и геодинамического режима на пассивной окраине континента и на большинстве террейнов до их отторжения от палеоконтинента в позднем палеозое. Отмечены существенные отличия в развитии Охотского и Омолонского массивов от остальных террейнов, что дает основание для предположения о их более раннем отторжении от пассивной окраины палеоконтинента.

Ключевые слова:

северо-восточная Азия, Сибирский палеоконтинент, орогенный пояс, террейны, палеозой, тектоника, геодинамика, седиментология, палеогеография, стратиграфия

Происхождение палеозойских террейнов северо-восточной Азии: геологические доказательства раскола перикратонной окраины Сибирского палеоконтинента и миграции её фрагментов

А. В. Каньгин¹, Т. В. Гонта^{1,2}, А. В. Тимохин¹

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН,
Новосибирск, KanyginAV@ipgg.sbras.ru

²Новосибирский государственный университет

Аннотация

В статье рассматривается геодинамическая история террейнов северо-восточной Азии в течение палеозоя с учетом стратиграфических, палеонтологических и седиментологических данных, свидетельствующих о первоначальной принадлежности ныне разобщенных среди мезозойских структур докембрийского ранне- и среднепалеозойского возраста к пассивной окраине Сибирского палеоконтинента. Эти данные приведены в предыдущей статье авторов [Каньгин и др., 2020]. Показана унаследованность и синхронность осадконакопления, магматизма и геодинамического режима на пассивной окраине континента и на большинстве террейнов до их отторжения от палеоконтинента в позднем палеозое. Отмечены существенные отличия в развитии Охотского и Омолонского массивов от остальных террейнов, что дает основание для предположения о их более раннем отторжении от пассивной окраины палеоконтинента.

Ключевые слова: северо-восточная Азия, Сибирский палеоконтинент, орогенный пояс, террейны, палеозой, тектоника, геодинамика, седиментология, палеогеография, стратиграфия.

Введение

В предыдущей статье авторов [Каньгин и др., 2020] по палеонтологическим, седиментологическим и стратиграфическим данным было показано, что ныне далеко разобщенные среди мезозойско-кайнозойских структур палеозойские террейны складчатого обрамления Сибирской платформы в раннем и среднем палеозое принадлежали к ее пассивной окраине, которая в дальнейшем была расколота процессами рифтогенеза и ее фрагменты мигрировали на разные расстояния. Наиболее детально была рассмотрена палеобиогеография этой территории в ордовикском периоде, так как

отложения этого возраста достаточно полно представлены как на платформе, так и на всех выступах палеозоя в складчатых структурах. Из этих разрезов хорошо изучены все основные группы фауны, что позволило использовать хорологический анализ как наиболее эффективный метод палеобиогеографических реконструкций складчатых областей, в которых пространственное положение тектонических блоков (террейнов) меняется в ходе эволюции палеобассейна (Каныгин и др., 2019; Kanygin et al., 2019). Предварительно были рассмотрены также геологические данные по всему палеозою, позволившие обосновать вывод о том, что в течение всего раннего и среднего палеозоя морской палеобассейн Сибирский палеоконтинент развивался как единое целое вместе с его пассивной окраиной.

В данной статье анализируются геологические данные, характеризующие геодинамическую историю террейнов и особенности разных этапов их эволюции в контексте общего тектонического развития территории северо-восточной Азии. В заключительной части статьи на основе сопоставления методов и результатов палинспатических и палеобиогеографических реконструкций обсуждаются методологические проблемы палеогеографии в связи переориентацией исследований с позиций фиксизма на мобилизм.

Границы Сибирского палеоконтинента: проблема генетических связей платформенных и складчатых структур палеозоя.

Реконструкция возможной генетической связи палеозойских террейнов с Сибирской платформой и изменений их пространственного положения связана, прежде всего, с определением границ Сибирского палеоконтинента в палеозое.

В современных палеотектонических и палеогеографических реконструкциях термины «платформа», «кратон» и «континент» (точнее «палеоконтинент») считаются синонимами. Однако есть различия в определении границ этих структур на разных этапах их развития. В современном тектоническом плане Сибирская платформа ограничена разновозрастными складчатыми структурами, на месте которых в позднем докембрии и палеозое располагались ее пассивные окраины [Косыгин, Лучицкий, 1960; Парфенов, Прокопьев, 1993]. В качестве терминологических эквивалентов пассивной окраины применительно к термину «кратон» обычно используются термины «перикратонная» или «миогеосинклинальная» окраина, а по отношению к понятию «континент (палеоконтинент)» - термин «шельф». Границы кратона (палеоконтинента) определяются таким образом внешним ограничением этих обрамляющих структур.

Ю.А. Косыгин с соавторами [1964] в протерозойских границах выделил Северо-Азиатский кратон, который в некоторых работах рассматривается как синоним Сибирской платформы. Но на самом деле авторы включали в контур этого кратона две мегаструктуры – Сибирскую платформу и современную территорию ВЧСО, которую трактовали как совокупность поднятий и прогибов субплатформенного или парагеосинклинального типа развития.

В современном структурном плане пассивная окраина Сибирской платформы (палеоконтинента) представлена в редуцированных размерах и деформированном виде складчато-сдвиговыми и дизъюнктивными процессами постпалеозойского тектогенеза. В наиболее полном виде осадочные отложения неопротерозойского и палеозойского возраста сохранились в хр. Сетте-Дабан и на Таймыре. Территория хр. Сетте-Дабан, представляющего в современном виде горст-антиклинальную структуру, всегда рассматривалась как окраинная часть палеобассейна Сибирской платформы. Сочленение Сетте-Дабанского сектора перикратона с интракратонной частью Сибирской платформы маркируется нелькано-кылахским тектоническим швом, по которому складчатые структуры горст-антиклинория надвинуты на интракратонную часть платформы. В восточном направлении в сторону мезозойских блоковые структуры ступенчато опускаются [Ян-Жин-Шин, 1983].

Таймырский орогенный пояс отделен от остальной части Сибирской платформы Енисей-Хатангским прогибом, где под мощной толщей мезозойско-кайнозойских отложений погребена зона сочленения внутрикратонной и перикратонной частей платформы. На Таймыре в палеозое выделены три структурно-фациальные зоны (СФЗ) субширотного простирания, которые наиболее отчетливо выражены в ордовике и силуре: южная карбонатная с бентосной фауной, переходная с чередованием карбонатных и терригенных отложений, содержащая смешанную бентосную и планктонную фауны и северная преимущественно терригенная с граптолитами [Соболевская, Нехорошева, 2017а, б]. На поперечном профиле этих структурно-фациальных зон отчетливо видна закономерная смена фаций от шельфа с карбонатным осадконакоплением через переходную зону к континентальному склону протоокеана. Такая типичная последовательность биофаций для зон перехода от континента к океану, унаследовано сохранявшаяся в течение всего палеозоя [Погребницкий, 1971; Соболевская, Кабаньков, 2014; Соболевская, Нехорошева, 2017 а, б], противоречит палинспатическим реконструкциям, в которых эти СФЗ Таймыра интерпретируются как самостоятельные блуждающие террейны, причленившиеся к Сибирской платформе [Зоненшайн и др., 1990; Верниковский, 1996; Верниковский и др., 2013; Metelkin et al., 2015 и др.].

Западная граница Сибирской платформы до открытия в 80-х годах по геофизическим данным в Приенисейской части Западно-Сибирской геосинеклизы (плиты) почти не дислоцированных палеозойских отложений платформенного типа проводилась по трансрегиональному Енисейскому разлому. В последние два десятилетия было проведено сейсмостратиграфическое профилирование по серии субширотных пересечений смежных территорий Сибирской платформы и юго-западной части синеклизы, где были пробурены 4 параметрические скважины. По результатам детального комплексного изучения этих материалов был доказан вендский и кембрийский возраст этих отложений, сходство палеогеографических обстановок и идентичность фауны и литофаций по всему профилю. Был установлен также градиент мощностей разновозрастных отложений на дизъюнктивной границе между обнаженной и погребенной частями платформы, характерный для перикратонных опусканий [Конторович и др., 1999; Филиппов и др., 2014; Гражданкин и др., 2015; Филиппов, 2017 и др.]

Южная, юго-восточная и юго-западная границы Сибирской платформы обрамляются древними складчатыми структурами протерозойского и раннепалеозойского возраста, кардинально изменившими перикратонную зону платформы. И.В. Гордиенко [2006] показал, что складчатое обрамление платформы представляет собой сложный коллаж фрагментов разновозрастных кратонных террейнов и островных дуг, активных континентальных окраин, турбидитовых бассейнов, континентальных склонов.

Для выявления взаимосвязей палеозойских террейнов с Сибирской платформой ключевое значение имеет реконструкция зоны ее сочленения с мезозоидами ВЧСО, которая в настоящее время перекрыта Верхоянским складчато-надвиговым комплексом.

Наиболее обстоятельный анализ данных о геологическом строении Верхоянской складчато-надвиговой системы и прилегающих территорий платформы и мезозоид ВЧСО провели Л.М. Парфенов и А.В. Прокопьев [1993]. По данным этих авторов на месте Верхоянской складчато-надвиговой системы, начиная с позднего докембрия, существовала пассивная окраина платформы, которая была существенно модифицирована в процессе средне- позднедевонского рифтогенеза. Ими были составлены структурные и восстановленные профили по 9 пересечениям Западно-Верхоянского складчатого пояса, который подразделяется на Хараулахский, Орулганский, Куранахский и Бараинский сегменты, различающиеся по структурным особенностям.

Карбонатные отложения позднего докембрия, нижнего и среднего палеозоя сохранились в Западно-Верхоянской зоне складчатого пояса только в виде фрагментов. На Хараулахе на дневную поверхность выходят породы позднедокембрийского и кембрийского возраста. В кембрийских отложениях установлен богатый комплекс

трилобитов, который распространен также в других районах Сибирской платформы, на Таймыре, Сетте-Дабане и острове Котельный. Палеозойские отложения более позднего возраста здесь размыты. В Орулганском сегменте известны небольшие выходы верхнего девона и карбона. В Куранахском сегменте наличие позднедокембрийских и раннепалеозойских отложений предполагается по данным глубинного сейсмического зондирования. Крупные обломки известняков с фауной среднего-верхнего девона были установлены в гипс-ангидритовом штоке вместе с обломками базальтов. В Бараинском сегменте, примыкающим на юге Верхоянья к Сетте-Дабанскому горст-антиклинорию, достоверные докембрийские и палеозойские отложения (до карбона) не известны.

Таким образом, на северном и южном флангах Верхоянского складчато-надвигового пояса (Хараулахском и Орулганском сегментах, а также на Сетте-Дабане) имеются бесспорные признаки существования здесь пассивной (перикратонной или шельфовой) окраины палеоконтинента. В двух сегментах (Куранахском и Бараинском) наличие карбонатной платформы под Верхоянским комплексом предполагается, но не доказано достаточно надежными данными. С учетом структурных признаков кинематики перемещения палеозойских тектонических блоков и палеогеографических данных, которые рассматриваются в последующих разделах статьи, можно предполагать также формирование Верхоянского комплекса на месте трога или грабена, образовавшегося здесь в результате отторжения фрагментов перикратона и их миграции в конце палеозоя в восточном направлении.

Геодинамическая история террейнов в палеозое: доказательства их генетической связи с Сибирским палеоконтинентом, раскола и миграции фрагментов ее пассивной окраины.

Пространственное положение, тектоническое и литостратиграфическое строение террейнов. Палеозойские структуры отчетливо выделяются среди мезозойских дизъюнктивными границами, структурно-формационным обликом и необычным пространственным положением в виде далеко разобщенных блоков. Самый дальний по отношению к Сибирской платформе Чукотский террейн находится от нее на расстоянии около 2000 км. По преимущественно карбонатному составу пород, огромным мощностям (до 20-30 км вместе с верхним докембрием), в 5-10 раз превышающим мощность одновозрастных отложений платформы, а также последовательности седиментационных циклов, эти тектонические блоки практически аналогичны перикратонным СФЗ хр. Сетте-Дабан (рис. 1). Отличия выражены только в вариациях литологического состава пород,

связанных с локальными геоморфологическими особенностями условий осадконакопления и влиянием вулканической деятельности вблизи зон рифтогенеза.

Структура и морфология палеозойских блоков контрастно отличается от полого-складчатых мезозойских преобладанием узколинейных, брахиформных, коробчатых типов складчатости, интенсивностью и большими амплитудами разрывных нарушений [Гусев, 1979; Третьяков, 1996]. Своеобразие «архитектурного» облика этих террейнов нашло отражение в образных определениях их строения: «клавишное» [Булгакова, 1986], «тектоническое крошево» [Зоненшайн и др., 1990]. К.К. Левашов [1974] отмечал ступенчато-блоковый характер палеозойских структур Сетте-Дабана, В.С. Оксман [1998] – кулисообразное расположение узких субмеридионально ориентированных блоков в хр. Тас-Хаяхтах.

Линейная форма складчатости и типичное для всех террейнов ВЧСО субмеридианальное простираание складок хорошо видны на примере детально закартированных структур Омuleвских гор (рис. 2). На поперечном профиле через другую структуру на этом же массиве показано их сложное складчато-надвиговое строение (рис. 3).

В разных схемах тектонического районирования конфигурации палеозойских границ блоков иногда существенно различаются из-за маскировки их разновозрастными сдвигово-надвиговыми тектоническими пластинами. Особенно много разногласий в оконтуривании палеозойских структур в центральной части ВЧСО, которая выделялась как Колымская платформа, Колымский срединный массив, Колымо-Омолонский или Омолонно-Охотский массив, а также в виде разобщенных блоков – Омuleвского, Приколымского, Омолонского. Селенняхский и Тас-Таяхтахский блоки выделяются во многих работах в виде единого Момского или Момо-Селенняхского блока.

В данной статье в качестве самостоятельных тектонических блоков рассматриваются Селенняхский, Тас-Таяхтахский, Омuleвский, Чукотский выступы палеозоя, которые по всем геологическим и палеонтологическим признакам имеют одинаковое происхождение. В большинстве современных плейт-тектонических реконструкций они трактуются как микроконтиненты с разными материковыми корнями. Колымо-Омолонская группа террейнов обычно интерпретируется как супертеррейн, существовавший независимо от Сибирской платформы [Парфенов и др., 2001 и др.]. Некоторые авторы рассматривают Омолонский и Охотский массивы как единую структуру. По тектоно-стратиграфическому строению (в частности, морфологии складчатых структур с преобладанием изометрических форм, литологическому составу пород силурийского и девонского возраста с преобладанием терригенных отложений в

отличие от ордовикских) эти тектонические блоки действительно существенно отличаются от остальных палеозойских террейнов. На рис. 4 приведены тектоно-стратиграфические колонки Охотского и Омолонского массивов с геодинамической интерпретации [Ханчук, 2006]. Показаны резкие различия ордовикского и постордовикского этапов развития этих террейнов. Особенности этих структур с признаками геологического строения платформенного типа послужили основанием для обособления их среди мезозой в первых схемах тектонического районирования ВЧСО в качестве самостоятельной Колымской платформы, а затем Колымского срединного массива.

Большинство исследователей считает, что близкие к Сибирской платформе террейны (Селенняхский, Тас-Таяхтахский, Охотский) либо составляли в палеозое окраинную часть платформы, либо располагались близко к ней [Натапов, Сурмилова, 1995; Оксман, 1998; Парфенов и др., 2001; Родионов и др., 2007].

Самый маленький по площади (около 120 кв. км) и дальше других удаленный от Сибирского палеоконтинента Чукотский (Эскимосский) террейн находится на Чукотском полуострове на выклинивании ВЧСО, где она стыкуется с двумя разновозрастными мегаструктурами – Чукотско-Корякским вулканогенным поясом и Чукотским складчатым поясом, который обычно ассоциируется с Арктидой (или Гиперборейской платформой Н.С. Шатского). Чукотский террейн имеет ключевое значение для реконструкции палеогеографических связей в палеозое Евразийского и Северо-Американского континентов, так как здесь сомкнулись исторические пути не только этих двух континентов, но и примыкающих к ним двух океанов – Тихого и Северного Ледовитого.

Во всех схемах тектонического районирования первого поколения (периода доминирования геосинклинальной теории) Чукотский выступ палеозоя рассматривался в составе ВЧСО. В современных схемах, составленных с позиций тектоники литосферных плит, этот выступ был включен в состав Чукотского складчатого пояса, который отделяется от ВЧСО Южно-Ануйской сутурой [Sokolov, 2010]. Эти две мегаструктуры существенно различаются по возрасту тектоно-стратиграфических комплексов и истории геодинамического развития.

Географическая близость Евразийского и Северо-Американского континентов в современную эпоху и предполагаемое их спаянность в докембрии в виде единого Азиатско-Американского кратона [Sears, Price, 1978 и др.] также палеонтологические данные по палеозою позволяют предполагать существование в это время близкую палеогеографическую связь Чукотского полуострова и Аляски. В новых реконструкциях по палеомагнитным данным, она изображается как единый композитный террейн,

располагавшийся изолированно от обоих палеоконтинентов. [Метелкин и др., 2012; Чернова, 2017]. Однако для более достоверной реконструкции географического положения террейнов Чукотки и Аляски важно уточнить корреляцию возраста тектоно-стратиграфических комплексов.

Обычно в качестве типовых примеров тектоно-стратиграфических комплексов, характеризующих развитие Чукотского складчатого пояса, рассматриваются структуры о-ва Ляховский, южного Анюя и о-ва Врангель. Наиболее детально тектоно-стратиграфическое строение этого пояса дано по разрезам о-ва Врангель [Tuchkova et al., 2018]. В этой работе приведены большие списки фауны которые по мнению авторов указывают на палеогеографическую близость его к северным районам Канады, начиная с карбона. Однако палеозойский выступ п-ва Чукотки в этой структуре является чужеродным, т.к. его отложения имеют ранний-среднепалеозойский возраст, предшествующей структурам Чукотского складчатого пояса. В то же время она по литологии, фауне и возрасту аналогична палеозойским террейнам ВЧСО.

Подробное литологическое описание Чукотского террейна выполнено М.М. Орадовской по результатам трехлетних полевых работ (1966-1968 г.г., в 1968 г. – с участием А.В. Каныгина) и опубликованной коллективной монографии. В ней и приведены описания брахиопод (М.М. Орадовская), остракод (А.В. Каныгин), граптолитов (А.М. Обут, Н.В. Сенников), кораллов (Б.В. Преображенский), строматопорат (В.Г. Хромых), а также определения других групп фауны (трилобитов, гастропод, мшанок), таксономический состав которых свидетельствует о несомненной принадлежности этого террейна к Сибирской палеобиогеографической провинции.

Важные дополнения к характеристике Чукотского массива были сделаны Б. Натальиным с американскими соавторами [Natal'in et al., 1999]. Ими выделены две тектонические зоны (Чегетуньская и Танатанская), в которых палеозойские отложения кардинально различаются по стратиграфическому диапазону, составу пород и геодинамической природе. Чегетуньская зона, детально описанная ранее М.М. Орадовской с соавторами представлена слабо деформированными мелководными отложениями, в основном, карбонатного состава ордовикско-раннедевонского возраста. Смежная с ней Танатанская зона состоит из сильно деформированных и метаморфизованных пород – филлитов, маломощных известняков, андезитовых туфов. (По цирконам определен девонский возраст 365-375 млн лет). Авторы интерпретируют эту структуру как южную окраину Bennet-Varrovia тектонического пояса, протягивающегося от Новосибирских островов до Северной Аляски включительно. Это означает, что тектонический шов между этими зонами на продолжении Южно-Аньюйской сутуры рассекает Чукотский полуостров

и маркирует хронологическую и тектоническую границу между смежными мегаструктурами – ВЧСО и гипотетической Арктидой. Таким образом, установлено, что палеозойский выступ Чукотского полуострова представляет собой коллаж двух разновозрастных террейнов, принадлежащих разным мегаструктурам. Чегетуньский блок, как и другие тектонические блоки палеозойского возраста ВЧСО, происходят от пассивной окраины Сибирского палеоконтинента, а тектоно-стратиграфические блоки Чукотского складчатого пояса (или Bennet-Barrovia, по [Natal'in et al., 1999] имеют другое происхождение.

Батиметрия и структурно-фациальная зональность бассейна. На рис. 5 в схематическом виде показан батиметрический профиль палеобассейна через его восточную окраину. Выделяется три группы СФЗ, различающихся батиметрической дифференциацией палеогеографических обстановок, тектонической позицией, геодинамическим режимом и темпами осадконакопления. Первая группа приурочена к внутренней части эпиконтинентального бассейна, соответствующего современным границам Сибирской платформы. Это самая мелководная часть бассейна с преобладанием на большей части ее территории фаций литоральной биономической зоны, кроме более глубоководных зон Тунгусской и Вилюйской синеклиз, а также Енисей-Хатангского и Приверхожанского прогибов. В раннем кембрии в северо-восточной части платформы сформировался обширный глубоководный бассейн, в котором накопилась толща черносланцевых пород (куанамская свита), сходная по составу к условиям образования в аноксидной зоне доманниковой фацией палеозоя на Русской (Восточно-Европейской) платформе и мезозойскими баженитами Западо-Сибирской геосинеклизы. Сравнительно кратковременное существенно глубоководных условий осадконакопления, которое в среднем кембрии сменилось мелководным карбонатным, - показатель метастабильного колебательного геодинамического режима седиментогенеза во внутренней части платформы по сравнению с однонаправленным режимом погружения ее пассивной окраины. Преимущественно мелководный режим осадконакопления сохранялся на платформе в течение всего палеозоя с чередованием трансгрессивных фаз углубления бассейна и регрессивных фаз обмеления, когда обнажались участки островной суши. Отчетливо выражена тенденция постепенного сокращения площади бассейна в девоне, карбоне и перми, которое завершилось в позднем палеозое отшнуровыванием пресноводных озерных котловин от морских бассейнов, а затем образованием обширной суши (Ангариды) с субтропической растительностью [Малич, 1975].

Вторая группа СФЗ приурочена к перикратонному окаймлению платформы, которое соответствует шельфу палеоконтинента с преобладанием сублиторальных палеогеографических обстановок. Эта часть палеобассейна отличается от внутренних СФЗ платформы особым геодинамическим режимом осадконакопления, которое Е.П. Павловский [1959] назвал перикратонным опусканием. Перикратонное опускание – это «процесс длительного (несколько геологических периодов) тектонического погружения коры на периферии платформы древней у границы последней с соседним одновозрастным геосинклинальным поясом; вдоль этой границы резко возрастает мощность осадочного платформенного чехла» [Геологический словарь, Т. 2, 2011, стр. 311]. Эта характеристика в полной мере соответствует особенностям седиментогенеза перикратонной части Сибирской платформы, которые наиболее полно выражены в разрезах Сетте-Дабана и Таймыра. За счет непрерывного погружения перикратона и компенсированного осадконакопления при метастабильном состоянии интеркратонной части палеобассейна сохранялся контрастный градиент глубин между этими группами СФЗ. По структурно-формационным признакам и общности ассоциаций фауны к этой же группе СФЗ с полным основанием можно отнести палеозойские тектонические блоки (террейны) ВЧСО и острова Котельный.

Особую категорию СФЗ представляют рифты, к которым приурочены глубоководные преимущественно терригенно-вулканогенные, часто кремнистые породы с резко подчиненным количеством карбонатного материала. Обычно они приурочены к бортам террейнов и в сложных складчато-надвиговых структурах палеозойских блоков хорошо опознаются по индикаторным литолого-фациальным признакам и тафоценозам с планктонной фауной [Каныгин и др., 2020]. В палеозое рифтогенез проявился только на восточной окраине палеоконтинента, предопределив его раскол и отторжение фрагментов.

Унаследованность и синхронность развития террейнов. Генетическое родство всех палеозойских террейнов с Сибирской платформой подтверждается унаследованностью и синхронностью их развития. Для сопоставления этапов эволюции структурно-формационных комплексов и переломных тектонических событий на перикратонной окраине Сибирского палеоконтинента и на террейнах опорное значение имеют разрезы хр. Сетте-Дабан, Селенняхского кряжа и Омудевских гор, где в непрерывных стратиграфических последовательностях представлены осадочные отложения и магматические комплексы от рифея до нижнего карбона.

Кембрийские, ордовикские, силурийские и девонские отложения по одинаковому литологическому преимущественно карбонатному составу, огромной мощности (до 10 км) и сходству ассоциаций бентосной фауны соответствуют палеогеографическим

обстановкам сублиторальной зоны шельфа. На Омолонском и Охотском поднятиях сравнительно однородные карбонатные и терригенно-карбонатные фации ордовика сменяются фаціальными зонами с очень контрастным, преимущественно груботерригенным осадконакоплением (песчаниками, гравелитами, конгломератами). Эти зоны имеют локальное площадное распространение. Состав галек указывает на их привнос с местных источников сноса [Симаков, Шевченко, 1967; Мерзляков, 1971; Булгакова, 1986; Орадовская, 1988]. Такая фаціальная дифференциация свидетельствует о геодинамической активности в пределах этих тектонических блоков, в результате которой возникали локальные поднятия.

В большинстве СФЗ платформы, ее перикратонной окраины и на террейнах прослеживается общий тренд в эволюции осадконакопления, который выражается в возрастании фаціальной дифференциации и увеличении количества терригенно-обломочного материала в осадках за счет его сноса с местных поднятий.

Об однонаправленности и синхронности развития всего палеобассейна в целом, включая террейны, свидетельствуют событийные сигналы. Надежно доказывается палеонтологическими данными одновозрастность ордовикской и девонской фаз рифтогенеза. Начало ордовикского рифтогенеза датируется граптолитовой зоной на рубеже нижнего и среднего ордовика [Обут, Соболевская, 1972; Орадовская, 1988]. На Сибирской платформе этот рубеж соответствует началу нового цикла седиментогенеза, который выразился в смене преимущественно карбонатного осадконакопления терригенно-карбонатным с резким сокращением мощностей. С этого рубежа в эпиконтинентальных морях всех палеоконтинентов, в том числе Сибирского, начинается взрывной рост биоразнообразия пионерных групп фауны. Эта глобальная экосистемная перестройка, по масштабам и эволюционным последствиям сопоставимая с появлением в раннем кембрии основных филогенетических стволов скелетных гидробионтов, получила название «Великая экологическая революция ордовикского периода» [Капугин, 2008].

Вторая фаза рифтогенеза проявилась более широко и интенсивно. Ее начало датируется средним девоном в Приверхоянском прогибе Сибирской платформы [Парфенов, Прокопьев, 1993], на Сетте-Дабане [Левашов, 1974], на тектонических выступках палеозоя ВЧСО [Булгакова, Колодезников, 1990; Карякин и др., 2000]. С этими фазами рифтогенеза коррелятивно связано появление среди преимущественно карбонатных пород красноцветов и ангидрито-гипсов.

В.С. Оксман [1998] на основе детального сопоставления литостратиграфических колонок и интерпретации палеогеографических обстановок Селенняхского и Тас-Таяхтахского блоков показал почти полное совпадение последовательности фаціальных

изменений, выраженных, в частности, в виде эпизодов появления в карбонатных отложениях карбонатно-терригенных и терригенно-обломочных разностей или признаков лагунного осадконакопления (рис.6).

Магматизм, фазы активизации которого также связаны с этапностью рифтогенеза, сохраняет удивительную стабильность и однообразие трахибазальтового и трахиандезитового состава. Проявления магматизма были связаны, в основном, с рифтогенными впадинами в виде эруптивных выбросов туфогенного материала и подводных лавовых излияний. В позднем девоне и раннем карбоне резко усиливается вулканическая деятельность и формируются мощные покровы трахибазальтов и трахиандезитов [Мерзляков, Лычагин, 1973; Гринберг и др., 1981; Лычагин и др., 1989; Карякин и др., 2000]. В Момо-Селенняхской зоне (Селеннях, Тас-Таяхта) отмечаются мощные толщи пиллоу-базальтов [Оксман, 1998].

Палеомагнитные данные. Современное состояние палеомагнитных исследований и основанных на них палинспатических реконструкций северо-восточной Азии характеризуется противоречивыми тенденциями. Во-первых, обращает на себя внимание очень большое количество альтернативных версий палеотектонических реконструкций, что вполне объяснимо с учетом сложного гетерогенного строения этой территории и дефицита достоверных палеомагнитных данных, особенно по складчатому окружению Сибирской платформы. Во-вторых, характерной особенностью большинства публикаций по этой тематике является ограниченность использования геологической информации, которая складывается, главным образом, из палеомагнитных определений, кинематических интерпретаций пограничных структур в рамках гипотетических перемещений литосферных плит и сравнительных данных по магматизму с учетом изотопно-геохронологических датировок.

Данные осадочной геологии (литолого-фациальные, палеонтологические, консолидационно-структурные), характеризующие палеогеографическую историю каждого конкретного палеобассейна и его биогеографические связи с другими палеобассейнами, как правило, игнорируются, хотя в прежних палеотектонических и палеогеографических реконструкциях они использовались в качестве базовой информации наряду с данными эндогенной геологии. В результате такого одностороннего использования геологической информации растет количество плит-тектонических реконструкций, противоречащих «запретительным» данным осадочной геологии, в частности палеобиогеографическим.

Конкретная характеристика состояния палеомагнитных исследований по рассматриваемой территории содержится во многих публикациях [Неустроев и др., 1993;

Соколов и др., 1997; Парфенов, Кузьмин, 2001; Веселовский и др., 2003; Родионов и др., 2007; Метелкин и др., 2012]. Во многих из этих работ отмечалась малочисленность и низкая степень надежности ранних палеомагнитных определений (до «методической и аппаратурной революции» в палеомагнитологии 80-90-х годов [по Веселовский и др., 2003]), когда появились новые приемы лабораторной подготовки образцов с целью их очистки от искажающих первичную намагниченность эффектов. Поэтому все старые палеомагнитные определения не соответствуют современным требованиям.

По соответствию новым требованиям для территории ВЧСО можно выделить две коллективные работы по изучению палеомагнетизма пород Тас-Таяхтаха с одновременным детальным описанием и реконструкцией геологического строения участков палеомагнитного апробирования [Неустроев и др., 1993; Родионов и др., 2007]. В первой из этих работ приводятся результаты трехлетних палеомагнитных исследований палеозоя хр. Тас-Таяхтах и сопоставления полученных данных с данными по Сибирской платформе, Омулевскому (включая Арга-Тасский блок) и Омолонскому террейнам. На основании этих данных сделан вывод о том, что все эти террейны в палеозое находились вблизи Сибирской платформы, но перемещались и вращались независимо друг от друга по разным траекториям. Отмечается, что дрейф террейнов наиболее быстро происходил в последевонское время в сторону от платформы на расстояние нескольких тысяч километров и, вероятно, асинхронно. Между пассивной окраиной платформы и террейнами в это время раскрылся океан, ширина которого в конце средней – начале поздней юры превышала 2500 км. Авторы при анализе палеомагнитных данных оговаривают, что по Омулевскому и Омолонскому террейнам в то время имелись только единичные данные, поэтому они опирались, в основном, на собственные данные по Тас-Таяхтаху.

В методическом отношении большой интерес представляет статья, посвященная палеомагнитной реконструкции палеогеографических положений Сибирской платформы (Восточно-Сибирской плиты, по терминологии авторов) и Тас-Таяхтахского террейна в интервале от ордовика до карбона [Родионов и др., 2007]. По определениям координат полюсов и единой кинематике движения и вращения платформы и Тас-Таяхтахского блока отмечено, что в хронологическом интервале от среднего ордовика до раннего девона (452-397 млн лет) эти структуры составляли единую тектоническую систему. Резкое изменение взаимного положения Тас-Таяхтахского террейна с платформой произошло в раннем карбоне (возможно, и в среднем-позднем девоне).

В заключении статьи авторы делают очень важные замечания методического характера. Во-первых, отмечается необходимость большого количества палеомагнитных

определений не по одному, а нескольким блокам, т.к. данные по одному блоку оставляют большую долготную неопределенность в его положении. Во-вторых, необходимо учитывать, что индивидуальные палеомагнитные определения имеют, как правило, погрешность порядка $5-10^\circ$ (углы доверия, эквивалентные удвоенной среднеквадратической погрешности). И в-третьих, достоверность реконструкции взаимного пространственного положения платформы и террейна для каждого геохронологического среза зависит от точности и надежности стратиграфических корреляций разрезов этих тектонических структур. По сути этими замечаниями обозначены источники ошибок в интерпретациях палеомагнитных данных, связанные, в частности, с соблюдением условий репрезентативности выборки образцов и степени надежности их тектонической и стратиграфической привязки. Недостоверные палеомагнитные определения возникают также из-за перемагничивания горных пород, которое можно установить только в случаях очевидных противоречий таких определений с геологическими данными [Stone et al, 1992; Павлов и др., 2004]. Существенное значение для сходимости палеомагнитных и геологических данных имеет степень достоверности выбранных для определения координат стандартизированных положений полюсов [Метелкин и др., 2007].

Приведенные примеры показывают важное значение геологических данных, в том числе палеобиогеографических, для ограничения доверительных диапазонов палеомагнитных определений. Можно надеяться, что прогресс в совершенствовании палеомагнитного метода и накоплении достаточно достоверных палеомагнитных данных по террейнам позволит уточнить и детализировать предлагаемую здесь модель их происхождения.

Модель автохтонного происхождения палеозойских террейнов. В разных вариантах палинспатических реконструкций палеозойские тектонические блоки в мезозоидах северо-восточной Азии интерпретируются как блуждающие аллохтонные террейны, т.е. имеют чужеродное происхождение по отношению к Сибирской платформе. Приведенные здесь и в предыдущей статье [Каныгин и др., 2020] палеонтологические и геологические данные однозначно свидетельствуют о их принадлежности Сибирскому палеоконтиненту. Предполагаемые границы Сибирского палеоконтинента до отторжения от его восточной перикратонной окраины (в современных координатах) показаны на рис. 7. В результате непрерывного процесса осадконакопления в режиме компенсированного погружения в перикратонном поясе в течение неопротерозоя, раннего и среднего палеозоя сформировалась карбонатная плита огромной мощности. По имеющимся данным на разных участках она достигала 20 и даже 30 км. Раскол этой плиты можно сравнить с

отторжением айсбергов от края ледникового щита и последующего дрейфа под влиянием течений и переменных направлений ветром.

Предполагается, что две фазы активизации рифтогенеза (в ордовике и среднем девоне) подготовили раскол восточной окраины палеоконтинента. Наиболее вероятное время отторжения фрагментов от материка – средний карбон. Дрейф отторгнутых тектонических блоков, вероятно, приходится на поздний палеозой-ранний мезозой, что вполне согласуется с некоторыми современными реконструкциями с использованием палеомагнитных данных [Неустроев и др., 1993; Родионов и др., 2007].

В ВЧСО вектор дрейфа террейнов ориентирован в субширотном направлении, что хорошо соответствует направлению растяжения земной коры, которое проявилось в палеозое в виде рифтогенеза и интенсивных разрывных дислокаций. Долговременный характер преобладания дизъюнктивного тектонического режима в палеозое отмечался многими исследователями [см. Чехов, 2000]. Режим растяжения земной коры наследуется с протерозоя, когда по интерпретациям многих исследователей произошло отчленение Северо-Американского материка от Евразийского [Sears, Price, 1978 и др.].

Такой сценарий согласуется с предположением группы известных палеонтологов и геологов из Канады и США о том, что Александровский террейн на Аляске возможно имеет российское происхождение [Blodgett et al., 2010]. Они сопоставили разрезы силура и девона этого террейна и Омудевских гор ВЧСО и установили очень большое сходство фауны, литологического состава и мощностей отложений. Приведенные ими палеомагнитные данные показывают близкое расположение этих террейнов. Ранее на основании сходства фауны эмского возраста (средний девон) высказывалось предположение о сибирском происхождении террейна Фэрвелл (Farewell) на Аляске [Blodgett, 1998]. Наличие в палеозое Аляско Сибирской эндемичной фауны отмечали также [Cocks, Torsvik, 2007; Torsvik, Cocks, 2017]. В связи с этой гипотезой представляется актуальным проведение сравнительного анализа палеонтологических и палеогеографических данных по палеозойским террейнам ВЧСО и Аляски на современной методической и информационной основе.

Наиболее вероятное место отрыва террейнов ВЧСО от окраины палеоконтинента приурочено к дугообразно вогнутой центральной части Верхоянского складчато-надвигового пояса. Именно в этой части пояса под Верхоянским осадочным комплексом позднепалеозойского-мезозойского возраста не установлено достоверных признаков наличия более древних отложений в отличие от его южного и северного флангов. Дугообразный изгиб Верхоянского пояса и прилегающих к нему структур ВЧСО (Колымской петли) трактовался с позиций концепции коллажа террейнов как результат

деформации восточной окраины Сибирской платформы при столкновении с ней крупного Колымо-Омолонского террейна [Зоненшайн и др., 1990].

Современное географическое положение террейна острова Котельный севернее Сибирской платформы определяет вероятное направление его дрейфа по субмеридиональному вектору, т.е. перпендикулярному по отношению к вектору движения террейнов ВЧСО. Это направление соответствует кинематике тектонических движений Таймыра и северной части ВЧСО, где ориентировка дизъюнктивно-складчатых структур с субширотного вектора резко по трансрегиональному тектоническому шву сменяется субмеридиональным. Этот шов был показан Н.В. Шатским [1935] на одной из первых схем тектонического районирования северо-восточной Азии и определил южную границу выделенной им Гиперборейской платформы. Затем в незначительно различающихся модификациях он изображался в схемах разных авторов. В настоящее время за ним закрепилось название «Южно-Анийская сутура».

Предполагаемое место отрыва этого террейна от палеоконтинента приходится на северо-восточный угол Колымской петли, где в современном тектоническом плане резко меняются ориентация дизъюнктивных дислокаций с субширотного на субмеридиональное. Возможно, первоначально Тас-Таяхтахский, Селенняхский и Котельнический террейны составляли единый тектонический блок. Из-за сходства геологического строения и пространственного положения Тас-Таяхтахского и Селенняхского террейнов некоторые исследователи [Оксман, 1998 и др.] объединяют их в единую Момо-Селенняхскую тектоническую зону. М.М. Орадовская при составлении актуализированной стратиграфической схемы ордовика Северо-Востока России на основании единообразия состава и последовательностей литофаций и фауны объединила все три структуры в ранге подзон в единую структурно-фациальную зону [Решения ..., 2009].

Имеющиеся палеонтологические и седиментологические данные не позволяют с достаточной определенностью установить время обособления Охотского и Омолонского массивов от Сибирской платформы. Предполагается, что в ордовике они, как и другие террейны, составляли ее пассивную окраину. Об этом свидетельствует сходство фаций и мощностей отложений преимущественно карбонатного состава, а также находки брахиопод таких же видов, как и на других террейнах и Сибирской платформе [Орадовская, 1988]. Однако в целом палеонтологическая изученность этих массивов пока недостаточна для обоснования более определенных выводов с достаточной достоверностью можно только констатировать, что в послеордовикское время палеогеографические обстановки на этих террейнах кардинально изменились, поэтому геодинамическая история Охотского и Омолонского массивов по-прежнему остается

загадочной. Решение проблемы их происхождения и эволюции возможно только в контексте геологического развития всей территории северо-восточной Азии на основе комплексирования разных методов, среди которых очень важное значение может приобрести палеомагнитный метод при условии контроля его достоверности другими методами, в том числе палеобиогеографическим.

Обсуждение результатов: методологические проблемы палеогеографических реконструкций с позиции тектоники литосферных плит

В истории геологического развития северо-восточной Азии и прилегающей части Арктического океана отчетливо выделяется три историко-геологических этапа (тектонических этажа), которые по геодинамическому режиму можно назвать: 1) $Pt_3 - D_2$ - кратонным (развитие структур в составе кратона); 2) $D_2?$, $C_1 - J_2$ - океаническим (дрейф в океане отколовшихся фрагментов пассивной окраины палеоконтинента); 3) $J_2 - K$ - орогенным (аккреция, трансформация структур, кратогезация земной коры).

Каждый тектонический этап отличается особенностями информационной базы и методов ее анализа. Для кратонного этапа, когда эпиконтинентальный бассейн развивался как единое целое, базовое значение имеют методы осадочной геологии (стратиграфия, био- и литофациальный анализ, хорология фауны). Петролого-петрохимические методы используются как вспомогательные в качестве дополнительных индикаторов континентального типа земной коры. Для реконструкции океанического этапа опорными становятся петрологические и петрохимические индикаторы океанических обстановок и процессов глубинной геодинамики в сочетании с седиментологическими признаками глубоководности, а также палеомагнитные определения координат тектоно-стратиграфических блоков. Орогенный структурный этап, представляемый собой коллаж террейнов, аккумулирует информацию о сквозном развитии блоков в интегральном виде, поэтому первостепенное значение при реконструкции этого этапа приобретают методы морфоструктурного анализа, для диагностики, систематизацию дешифрирования структурно-вещественных блоков, в которых заключены перепутанные тектоническими процессами страницы геологической летописи.

При сопоставлении методов палинспатических и палеобиогеографических реконструкций выявляются существенные различия в выборе исходной геологической информации и методологии ее анализа. Для палеотектонических и палеогеографических реконструкций складчатых областей с позиции тектоники литосферных плит базовое значение приобрел метод террейнового анализа, разработанный американскими геологами

в 80-е годы прошлого столетия на примере Кордильер и Аляски. В нашей стране он активно развивался Л.М. Парфеновым на примере ВЧСО. Им сформулированы ключевые понятия и методология террейнового анализа, состоящего из следующих определений [Парфенов, 2001, стр. 70]: 1. Выделение террейнов, перекрывающих их (осадочные и осадочно-вулканогенные) и «сшивающих» (магматические и метаморфические) образований. 2. Определение границ террейнов и их типов (надвиг, сдвиг, сброс). 3. Типизация террейнов, перекрывающих и «сшивающих» их образований на актуалистической основе (выделение среди них островодужных образований, комплексов аккрецианного клина, активных и пассивных континентальных окраин, фрагментов океанической коры и т.п., магматических образований, связанных с процессами рифтогенеза, коллизии, субдукции и др.). 4. Выделение и типизация постаккреционных разломов, возникших после причленения террейнов к кратону, которые приводят к разрушению (дисперсии) террейнов. 5. Анализ палеобиогеографических и палеомагнитных данных, необходимых для суждения о происхождении террейнов.»

Из последовательности этих операций следует, что в качестве первичной информации используются структурно-тектонические данные, характеризующие заключительную фазу геодинамической эволюции складчатого пояса, т.е. анализ проводится «сверху вниз». Поэтому при таком подходе практически не используются стратиграфические и лито-фациальные данные, которые позволяют охарактеризовать палеогеографические обстановки в начальной стадии эволюции бассейна и их изменения в хронологической последовательности по биостратиграфическим данным. Использование палеонтологических, как и палеомагнитных данных, предусматривается только на заключительной стадии террейнового анализа. При этом в реальной практике приоритетное значение придается палеомагнитным определениям, а палеогеографические данные в большинстве палинспатических реконструкциях либо не учитываются, либо используются выборочно при отсутствии противоречий с палеомагнитными данными.

Террейновый и палеогеографический методы должны использоваться как взаимодополнительные, особенно с учетом различий резких этапов эволюции складчатых областей так как при их комплексировании более полно учитывается геологическая и палеонтологическая информация. Методы палеобиогеографических реконструкций при наличии достоверного количества палеонтологических и седиментологических данных дают возможность установить первоначальное положение тектоно-стратиграфических комплексов и в тоже время тестировать достоверность палеомагнитных данных. Многообразие взаимоисключающих версий палинспатических реконструкций связаны не только с недостаточной разработкой актуалистических моделей

тектоники литосферных плит, как считают многие специалисты, но и с ограниченным использованием всего комплекса старых и новых методов палеогеографии.

Анализируя состояние тектонических исследований территории Северо-Востока России группа известных специалистов по тектонике и палеомагнетизму [Соколов и др., 1997], в статье с подзаголовком «проблемы и неопределенности» привели примеры несоответствия многих палинспатических реконструкций геологическим и палеонтологическим данным. Авторы этой статьи считают, что назрела необходимость разработки нового поколения геодинамических реконструкций на основе синтеза морской и континентальной геологии. Нет сомнений в важном значении исследований по морской геологии прежде всего для обоснования актуалистических моделей палеогеодинамических реконструкций океанического сектора литосферы. В то же время совершенно очевидно, что огромный резерв информации для обоснования более достоверных реконструкций содержится в геологической летописи осадочной оболочки Земли (стратисферы), в частности в виде палеонтологических и седиментологических записей, которые пока востребованы недостаточно.

Выводы

1. Сравнительный анализ стратиграфических, палеонтологических и седиментологических данных по Сибирской платформе, Таймырскому складчатому поясу, Сетте-Дабанскому горст-антиклинорию, палеозойским террейнам Верхояно-Чукотской складчатой области (Селенняхский, Тас-Таяхтахский, Омудевский, Чукотский) и о-ва Котельный показал, что все они в течение кембрия, ордовика, силура и девона входили в состав Сибирского палеоконтинента с располагавшимися на нем преимущественно мелководным морским бассейном.

2. Палеозойские террейны вместе с Таймыром и Сетте-Дабаном составляли пассивную окраину континента на месте современной Верхоянской складчато-надвиговой системы. Одинаковое происхождение далеко разобценных ныне фрагментов пассивной окраины континента доказывается не только сходством состава всех групп бентосной фауны и одинаковым геодинамическим режимом седиментогенеза (непрерывное компенсированное осадконакопление в условиях перикратонного погружения), но и одинаправленностью и синхронностью развития геологических процессов (состава и мощностей осадочных толщ, тектогенеза, характера вулканизма, эпизодов рифтогенеза).

3. Наиболее вероятное время отторжения террейнов от континента – поздний девон-ранний карбон, когда на территорию ВЧСО и прилегающих акватории Северного Ледовитого океана кардинально изменился геодинамический режим.

4. Переходный этап в тектонической эволюции северо-восточной Азии и прилегающей части Арктического океана ($C_1 - J_2$) хронологически совпадает с переломными региональными геологическими событиями (крупномасштабным трапповым магматизмом на Сибирской платформе и закрытием окружающего ее с запада Палеоуральского океана), кардинальной тектонической перестройки литосферы в глобальном масштабе (распад суперконтинента Родиния II с последующей сборкой его частей в новые конфигурации), а также с крупным глобальным вымиранием морских и континентальных биот.

5. Принадлежность Чукотского террейна в палеозое (до среднего девона включительно) к пассивной окраине Сибирского палеоконтинента не согласуется с палинспатическими реконструкциями, в которых Чукотка и Аляска для этого времени изображаются в виде единой микроплиты, обособленной от Сибирского и Северо-Американского палеоконтинентов. В то же время по имеющимся палеонтологическим и литолого-фациальным данным не вызывает сомнений существование близких палеогеографических связей между палеозойскими террейнами Сибири и Аляски.

6. Положение террейнов ВЧСО в палеозое к пассивной окраине Сибирского палеоконтинента исключает их принадлежность к Северо-Американской литосферной плите по версиям многих исследователей [Churkin, 1972; Kogan et al., 1998; Cocks, Torsvik, 2007 и др.].

Авторы выражают искреннюю благодарность Н.Л. Добрецову, Д.В. Гражданкину, и Д.В. Метелкину за конструктивные замечания и полезные рекомендации при доработке статьи.

Работа выполнена по Международному проекту МПГК № 6536 “The onset of the Great Ordovician Biodiversity Event”, поддержана грантом РФФИ № 18-05-00248

Литература

Булгакова М.Д. Литология ордовикских отложений Северо-Востока СССР. – М.: Наука, 1986, 177 с.

Булгакова М.Д., Колодезников Н.И. Среднепалеозойский рифтогенез на Северо-Востоке СССР: осадконакопление и вулканизм. М.: Наука, 1990, 250 с.

Верниковский В.А. Геологическая эволюция Таймырской складчатой области. Новосибирск, 1996, 204 с.

Верниковский В.А., Метелкин Д.В., Толмачева Т.Ю., Малышев Н.А., Петров О.В., Соболев Н.Н., Матушкин Н.Ю. К проблеме палеотектонических реконструкций в Арктике

и тектоническом единстве террейна Новосибирских островов: новые палеомагнитные и палеонтологические данные // ДАН, 2013, т. 451, № 4, с. 423 - 429.

Веселовский Р.В., Галле И., Павлов В.Э. Палеомагнетизм траппов долин рек Подкаменная Тунгуска и Котуй: к вопросу о реальности послепалеозойских относительных перемещений Сибирской и Восточно-Европейской платформ // Физика Земли, 2003, №10, с. 78-94.

Геологический словарь. СПб, из-во ВСЕГЕИ, 2012, т.2. 480 с.; т.3. 440 с.

Гражданкин Д.В. Конторович А.Э., Конторович В.А. Сараев С.В., Филиппов Ю.Ф., Ефимов А.С., Карлова Г.А., Кочнев Б.Б., Наговицин К.Е., Терлеев А.А., Федянин Г.О. Венд Предъенисейского осадочного бассейна (юго-восток Западной Сибири) // Геология и геофизика, 2015, т. 56, № 4, с. 718 - 734.

Гордиенко И.В. Геодинамическая эволюция поздних байкалид и палеозойского складчатого обрамления юга Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2006, т. 47, № 1, с. 53-70.

Гринберг Г.А., Гусев Г.С., Бахарев А.Г., Булгакова М.Д. Ипатова И.О., Недосекин Ю.Д., Рукович В.Н., Соловьев В.И., Сурнин А.А., Третьяков Ф.Ф. Тектоника, магматические и метаморфические комплексы Колымо-Омолонского массива. М.: Наука, 1981, 359 с.

Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской системы мезозойского. М.: Наука, 1979, 208 с.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М.: Недра, 1990, Кн. 1, 328 с.; Кн. 2, 334 с.

Карякин Ю.В., Оксман В.С., Прокопьев А.В. Тарабукин В.П., Дейкуненко А.В. Позднепалеозойские вулканогенно-терригенные отложения Селенняхского хребта и их геодинамическая природа // Докл. РАН, 2000, т. 370, № 5, с. 646 – 650.

Каныгин А.В., Гонга Т.В., Тимохин А.В., Маслова О.А. Хорология и границы Сибирской биогеографической провинции в ордовикском периоде. / Труды Палеонтологического общества, 2019, т. II, с. 86 – 105.

Каныгин А. В., Гонга Т. В., Тимохин А. В. Происхождение палеозойских террейнов северо-восточной Азии: палеонтологические, стратиграфические и седиментологические доказательства их первоначальной принадлежности Сибирскому палеоконтиненту // Геология и геофизика, 2020, № X, с. XX-XX.

Конторович, А.Э. Сараев С.В., Казанский А.Ю. Каштанов В.А., Конторович В.А., Пономарчук В.А., Тищенко В.М., Филиппов Ю.Ф. Новый терригенно-вулканогенный разрез кембрия и положение Западной границы Сибирской платформы (по материалам

параметрического бурения на Вездеходной площади, Томская область) // Геология и геофизика, 1999, т. 40, № 7. с. 1022 - 1031.

Косыгин Ю.А., Лучицкий И.В. О принципах выделения древних платформ и положении краевых поднятий в структуре Сибирской платформы // Геология и геофизика, 1960, № 1, с. 52-57.

Косыгин Ю.А., Башарин А.К., Берзин Н.А. Волонтей Г.М., Вотях О.А. Докембрийская тектоника Сибири. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1964, 74 с.

Левашов К.К. Среднепалеозойская рифтовая зона Сетте-Дабана // Докл. АН СССР, 1974, т. 219, № 3. с. 689 – 692.

Лычагин П.П., Дылевский Е.Ф., Шпикерман В.И., Ликман В.Б. Магматизм центральных районов Северо-Востока СССР. Владивосток: ДВО РАН, 1989. 119 с.

Малич Н.С. Тектоническое развитие чехла Сибирской платформы. М.: Недра, 1975, 216 с.

Мерзляков В.М. Стратиграфия и тектоника Омудевского поднятия (Северо-Восток СССР). М.: Наука, 1971, 152 с.

Мерзляков В.М., Лычагин П.П. Об ордовикском вулканизме Северо-Востока СССР // Магматизм Северо-Востока СССР, М.: Наука, 1973, с. 207 - 212

Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. Неопротерозойский этап эволюции Родинии в свете новых палеомагнитных данных по западной окраине Сибирского кратона // Геология и геофизика, 2007, т. 48. № 1, с. 42 – 59.

Метелкин Д.В., Верниковский В.А., Казанский А.Ю. Тектоническая эволюция Сибирского палеоконтинента от неопротерозоя до позднего мезозоя: палеомагнитная запись и реконструкции // Геология и геофизика, 2012, т. 53(7), с. 883 - 899.

Натапов Л.М., Сурмилова Е.П. Позиция и природа Охотского массива // Отечественная геология, 1995, № 2, С. 49 – 53.

Неустроев А.П., Парфенов Л.М., Родионов В. Палеомагнитные данные и природа Тас-Таяхтахского террейна Верхояно-Колымской области // Геология и геофизика, 1993, № 8, с. 25 – 37.

Обут А.М., Соболевская Р.Ф. Расчленение и корреляция ордовикских отложений на Северо-Востоке СССР по граптолитам // Геология и геофизика, 1972, № 1, с. 15 - 24.

Оксман В.С. Геодинамическая эволюция коллизионного пояса горной системы Черского (Северо-Восток Азии) // Геотектоника, 1998, №. 1, с. 56 – 70.

Орадовская М.М. (сост.) Биостратиграфия и фации ордовика-силура Северо-Востока СССР. М.: Недра, 1988, 176 с.

Павлов В.Э., Галле И., Шацилло А.В., Водовозов В.Ю. Палеомагнетизм нижнего кембрия долины нижнего течения р. Лена - новые ограничения на кривую кажущейся миграции полюса Сибирской платформы и аномальное поведение геомагнитного поля в начале фанерозоя // Физика Земли, 2004, № 2, с. 28 - 49.

Павловский Е.В. Зоны перикратонных опусканий – платформенные структуры первого порядка // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1959, № 12, с. 3 - 10.

Парфенов Л.М., Прокопьев А.В. Фронтальные надвиговые структуры Верхоянского складчатого пояса // Геология и геофизика, 1993, т. 34, № 6, с. 23 - 34.

Парфенов Л.М. Тектонический анализ // тектоника, геодинамика и металлогения республики САХА (Якутия). М.: МАИК «Наука». Интерпериодика. 2001. с. 69-80.

Погребницкий Ю.Е. Палеотектонический анализ Таймырской складчатой системы. Л., Недра, 1971, 284 с.

Решения Третьего межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России (Санкт-Петербург, 2002) / Ред. Т. Н. Корень, Г. В. Котляр. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009, 268 с.

Родионов, В. П., Некрасов А.И., Иосифиди А.Г., Виноградов В.П., Федянин А.Н. Палеомагнитная реконструкция палеогеографических положений Восточно-Сибирской плиты и Тас-Хаяхтахского террейна в раннем и среднем палеозое // Палеомагнетизм осадочных бассейнов Северной Евразии. СПб., 2007, с. 89 - 104.

Симаков К.В., Шевченко В.М. Краткий очерк допермского развития Омолонской глыбы // Геология и геофизика, 1967, № 7, с. 86 - 93.

Соболевская Р.Ф., Кабаньков В.Я. Стратиграфия кембрийских отложений горного Таймыра. Труды НИИГА-ВНИИОкеангеология. Т. 228. СПб.: ФГУП «ВНИИОкеангеология». 2014. 43.с.

Соболевская, Р.Ф., Нехорошева Л.В. Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений Таймыра // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2017а. № 5С. с. 58 - 82.

Соболевская, Р.Ф., Нехорошева Л.В. Региональная стратиграфическая схема силурийских отложений Таймыра // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2017б. № 5С. с. 83 - 104.

Соколов С.Д., Диденко А.Н., Григорьев В.Н., Алексютин М.В., Бондаренко Г.Е., Крылов К.А. Палеотектонические реконструкции Северо-Востока России: проблемы и неопределенности // Геотектоника, 1997, № 6, с. 72 - 90.

Третьяков Ф.Ф. Складчатые структуры южной части Селенняхского хребта (Восточная Якутия) // Геотектоника, 1996, № 4, с. 43 - 57.

Филиппов Ю.Ф. Предъенисейский осадочный бассейн: сейсмогеологическая модель и геодинамическая эволюция // Геология и геофизика, 2017, т. 58, № 3-4, с. 455 – 471.

Филиппов Ю.Ф., Конторович В.А., Сенников Н.В. Новый взгляд на схему стратиграфии палеозоя юго-востока Западной Сибири // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2014, № 2С, с. 7 – 21.

Ханчук А.И. (ред) Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Книга 1. Владивосток, Дальнаука, 2006, 572 с.

Чернова А.И. Геологическая история архипелага Новосибирские острова в палеозое – мезозое по палеомагнитным данным // Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, Новосибирск, 2017. 18 с.

Чехов А.Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии (окраинноморская модель). М.: Научный мир, 2000, 199 с.

Шатский Н.С. О тектонике Арктики // Труды I геологоразведочной конференции. Л.: Главсевморпути, 1935. Т.1.

Ян-Жин Шин В.А. Тектоника Сетте-Дабанского горст. антиклинория. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1983, 156 с.

Blodgett R.B. Emsian (Late Early Devonian) fossils indicate a Siberian origin for the Farewell terrane / Short Notes on Alaskan Geology 1997, J. G.Clough & F.Larson [Eds]. Alaska Div. Geol. Geophys. Surv. Prof. Rep., 1998, N. 118, p. 53 – 61.

Blodgett R.B., Boucot A.J., Rohr D., Pedder A.E.H. The Alexander terrane of Alaska – a displaced fragment of Northeast Russia? Evidence from Silurian-Middle Devonian megafossils and stratigraphy // Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists, 2010, t. 39, p. 323 - 339.

Churkin M. Western boundary of the North American continental plate in Asia. // Geol. Soc. Am. Bull., 1972, v. 83, N 4, p. 1027 – 1036.

Cocks L., R.M., Torsvik T.H. Siberia, the wandering northern terrane, and its changing geography through the Palaeozoic // Earth Science Reviews, 2007, v. 82, p. 29 – 74.

Kanygin A.V. The Ordovician explosive radiation of the earth's organic World: causes and biospherical impact // Russian Geology and Geophysics, 2001, v. 42, N. 4, p. 631-667.

Kanygin A.V. Ecological Revolution Through Biosphere (495 to 435 Ma ages): Start of the Coherent Life Evolution / Biosphere Origin and Evolution, Springer Science, 2008, p. 245 - 254.

Kanygin A.V., Gonta T.V., Timokhin A.V. Boundaries and position of the Siberia paleocontinent in Paleozoic: palinoplastic versus paleogeographic reconstruction // 13 th

International Symposium on the Ordovician System: Contribution of International Symposium. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2019, p. 93 – 94.

Kogan M.G., King R.W., Steblov G.M., Lemer-Lam A., Levin V.E. Collision of Eurasian and North American plates in eastern Siberia: Evidence from continuous and repeated GPS. // *Eos, Trans. AGU, 1998 fall meeting abstracts, 1998, v. 79, N. 45, p. F218.*

Metelkin D.V., Vernikovskiy V.A., Matushkin N.Yu. Arctida between Rodinia and Pangea // *Precambrian Research, 2015, t. 259, p. 114 - 129.*

Natal'in B., Amato J., Toro J., Wright J. Paleozoic rocks of northern Chukotka Peninsula, Russian Far East Arctic Region // *Tectonics, 1999, v. 12, N. 6, p. 977 - 1003.*

Sears J.W., Price P.A. The Siberian continent – a case for Precambrian separation of the North American and Siberian cratons // *Geology, 1978, v. 6., p. 267-270*

Sokolov S.D. Tectonics of Northeast Asia.: An Overview // *Geotectonics, 2010, v. 44, 6, p. 793-509.*

Stone, D.B., Crumley, S.G., Parfenov, L.M. Paleomagnetism and the Kolyma structural loop. / *Inter-national Conference on Arctic Margins Proceedings. US Department of the Interior Mineral Management Service, Alaska Outer Continental Shelf Region, 1992, Anchorage, AK, p. 189 – 194.*

Tuchkova M.J., Sokolov S.D. et al., 2018. Carboniferous Carbonate rocks of the Chukotka fold belt: Tectonostratigraphy depositional environments and Paleogeography // *Journal of Geodynamics, v. 120, p. 77 - 107.*

Подписи к рисункам.

Рис.1. Стратиграфические разрезы палеозойских отложений Северо-Восточной Азии и их корреляция.

Колонки: 1 - Сибирская платформа, 2 - Таймыр, 3 - о. Котельный, 4 - Сетте-Дабан, 5 - Колыма, 6 - Омолонский массив, 7 - Селенняхский кряж, 8 - Чукотка.

Рис.2. Схема геологического строения басс. р. Серечен в Омулеских горах (Мерзляков, 1971).

- 1, 2 – нижний карбон;
- 3 - 6 - девон 3 – верхняя часть эйфельского яруса;
- 4 – средняя часть эйфельского яруса;
- 5 – нижняя часть эйфельского яруса;
- 6 – низы нижнего девона;
- 7 – нерасчлененный ордовик;
- 8 – 10 – верхний ордовик, сереченская толща
(8 – трахиты, 9 – известняки, 10 – песчаники и туффиты);
- 11 – нижний – средний карадок;
- 12 – лландейльский ярус, горельшевская толща;
- 13 – аренигский ярус, биикская толща;
- 14 – кремний (?) – низы нижнего ордовика, иченская толща;
- 15 – верхний рифей (?);
- 16 – интрузии гранитоидов;
- 17 – пластовые тела и дайки диабазов;
- 18 – надвиги;
- 19 – сбросы, сбросо-сдвиги;
- 20 – элементы залегания пород (а – наклонные, б – опрокинутые);
- 21 – места сборов окаменелостей.

Рис.3. Геологический профиль Урультунского блока в Омулеских горах (Мерзляков, 1971).

Рис.4. Тектоно-стратиграфические колонки палеозоя Охотского и Омолонского массивов (Ханчук, 2006).

1 - мелководные, морские, терригенные; 2 – Протерозойский или архейский фундамент; 3 – известняки; 4 – надсубдукционные вулканические комплексы; 5 –

габроиды; 6 – надсубдукционные гранитоиды; 7 – коллизионные гранитоиды; 8 – макрофауна; 9 – микрофауна; 10 – Флора.

Рис.5. Схематический батиметрический профиль через восточную окраину Сибирского палеоконтинента в палеозое.

1 - складчатый фундамент, 2 – терригенные отложения, 3 – карбонатные отложения, 4 – граптолитовые сланцы.

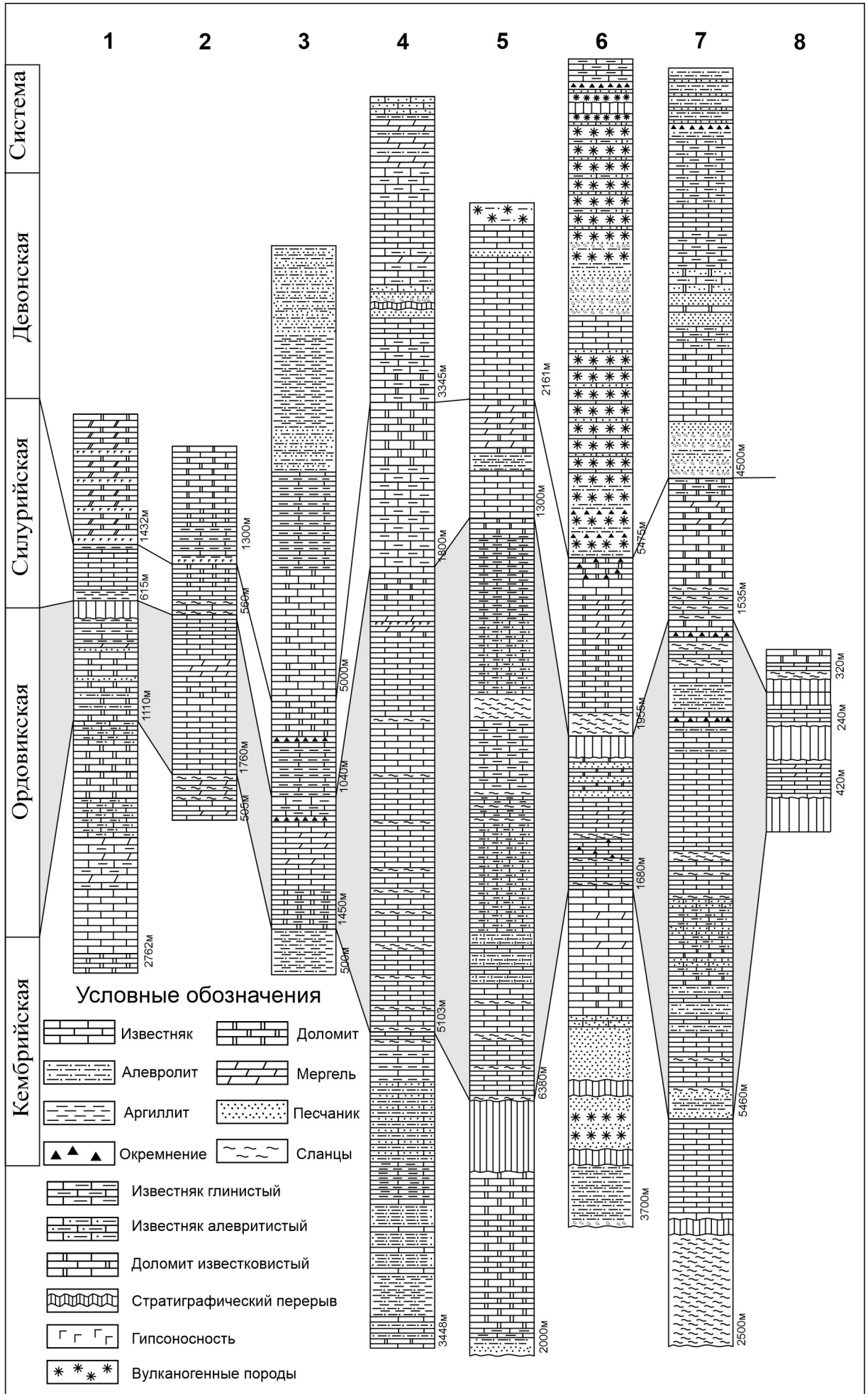
Рис. 6. Стратиграфические колонки ранне-среднепалеозойских отложений и геодинамические обстановки их формирования.

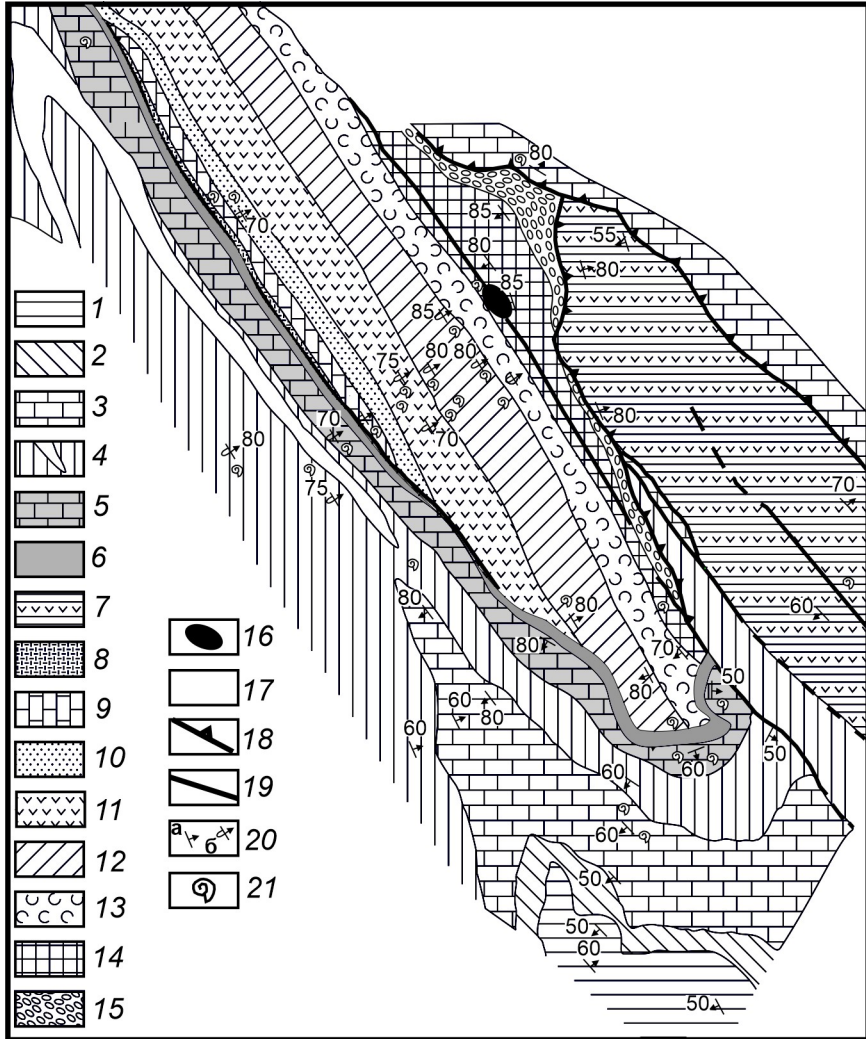
А – Селенняхский, Б- Тас-Таяхтаский блоки.

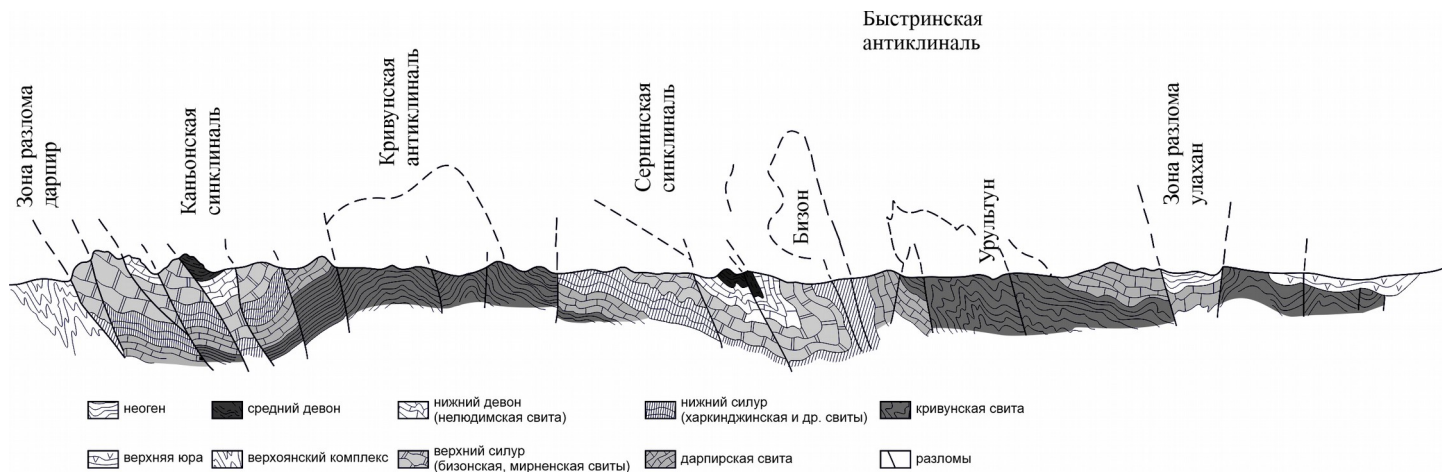
1- массивные органогенно-обломочные и брекчевидные известняки; 2 – слоистые и тонко слоистые известняки; 3 – доломиты; 4 – слоистые и тонкослоистые доломиты; 5 – гипсы, ангидриты; 6 – песчанистые известняки; 7 – глинистые известняки; 8 – известковистые сланцы; 9 – преслаивание известковисто-глинистых сланцев, глинистых граптолитовых сланцев, алевролитов, калькаренитов; 10 – глинистые сланцы; 11 – карбонатно-кремнистые породы; 12 – аргиллиты; 13 – конгломераты; 14 – кальцирудиты; 15 – пиллоу-базальты, базальтовые туфы и тыфобрекчии; 16 – стратиграфические границы а- согласные, б – несогласные.

Рис. 7. Границы Сибирского палеоконтинента

1 – рифт, 2 террейны, 3 – рифтогенная пассивная окраина палеоконтинента до раскола и отторжения фрагментов, 4 обрамление палеоконтинента и мезозойд, ЗСП – Западно-Сибирская плита, ПЕ – Преденисейский осадочный бассейн, ТМ – таймырская складчатая область, СП – Сибирская платформа, ХР – Хараулах, КТ – о-в Котельный, СЛ, Селенняхский кряж, ТТ – Тас-Таяхта, СД – Сетте-Дабан, ОМ – Омудевские горы, ВЧСО – Верхояно-Чукотская складчатая область, ЧК – Чукотский полуостров.

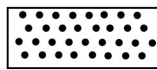
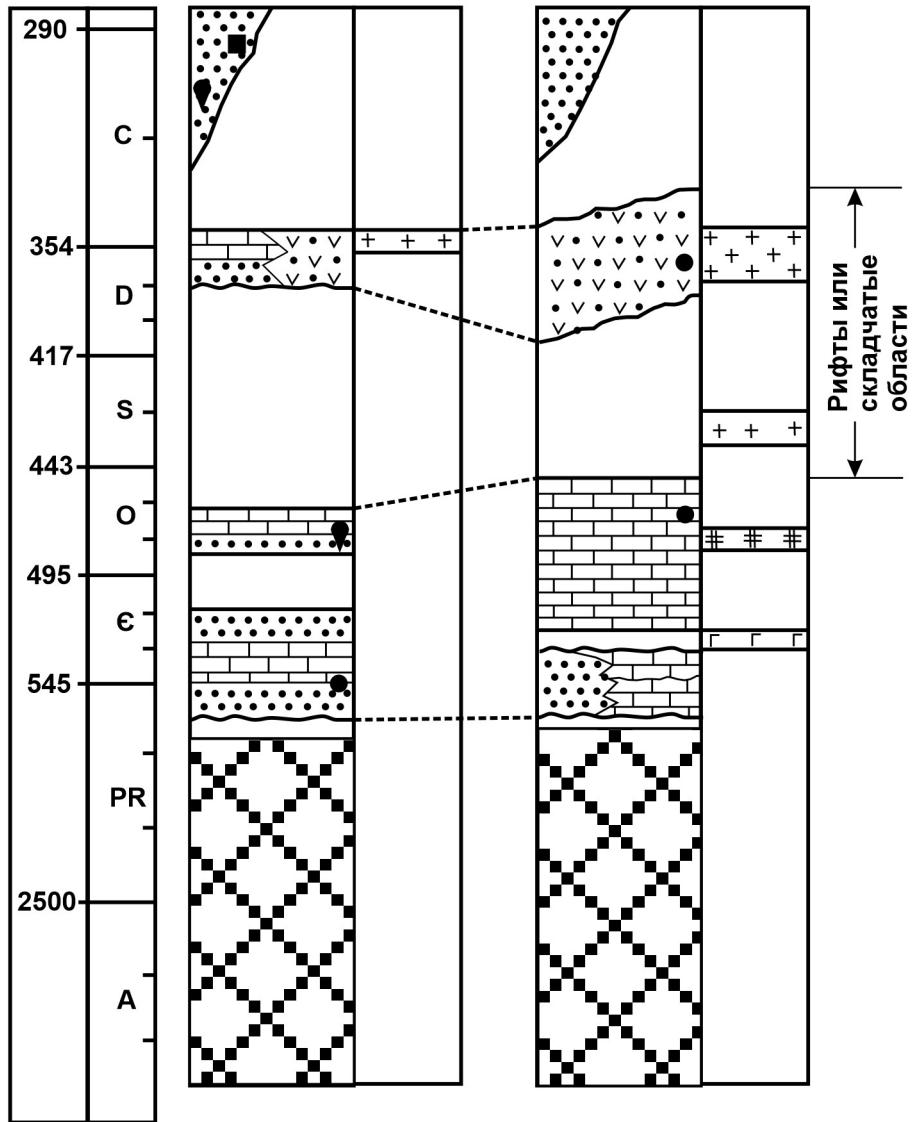




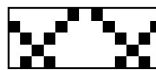


ОХОТСКИЙ ТЕРРЕЙН

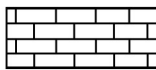
ОМОЛОНСКИЙ ТЕРРЕЙН



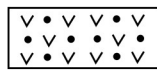
1



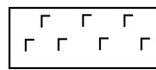
2



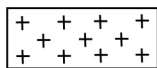
3



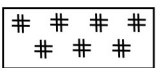
4



5



6



7



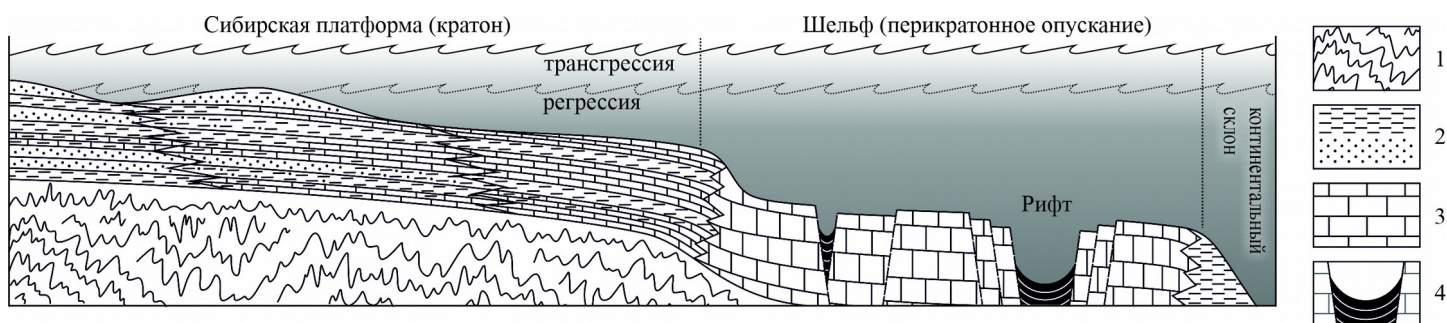
8



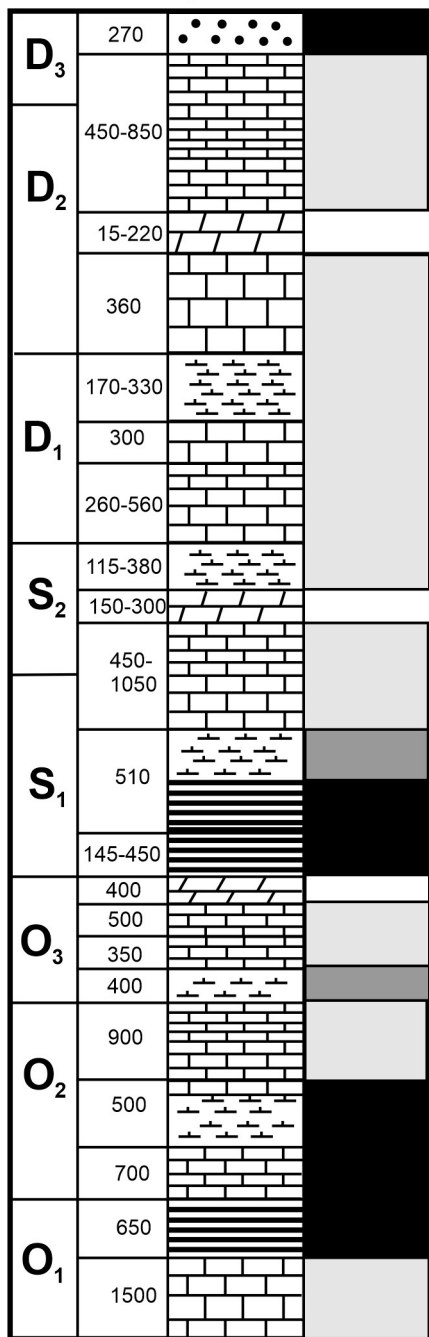
9



10



Selenyakh terrain



Takh-Tayakhstakh terrain

