

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Общая и региональная геология, петрология и вулканология

УДК 551.243.(571.5)

DOI 10.31242/2618-9712-2022-27-2-181-194

Тектоника Верхояно-Колымской системы мезозойд (Восточная Якутия)

Ф.Ф. Третьяков

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия
treyakov_ff@mail.ru*

Аннотация. Предложена окраинноморская модель перестройки Якутского окраинного моря (ЯОМ) в орогенную Верхояно-Колымскую систему мезозойд (ВКСМ), изложенная в общих чертах и, несомненно, подлежащая дальнейшему детальному исследованию. Установлено сходство строения и формирования ЯОМ с современным Японским окраинным морем. Образование ВКСМ в позднем мезозое происходило путем минисубдукции океанской коры ЯОМ под островную дугу и микроконтинент с закрытием малых океанских бассейнов и коллизией блоков земной коры ЯОМ с Сибирским континентом. Окраинноморская модель позволяет установить, что основные тектонические структуры Верхояно-Колымской и Новосибирско-Чукотской складчатых систем мезозойд Северо-Востока России являются структурными элементами разных кратонов – Северо-Азиатского и Северо-Американского и формировались они по разные стороны конвергентной границы южной Протоарктики. Коллизионная (окраинноморская) Верхояно-Колымская в тыловой, а аккреционная Новосибирско-Чукотская – во фронтальной части границы.

Ключевые слова: Якутское окраинное море, малый океан, «спящий» режим, минисубдукция, конвергентная граница, Верхояно-Колымская система мезозойд

Благодарности. Исследование выполнено по плану НИР ИГАБМ СО РАН (проект № FUEM-2019-0001(0381-2019-0001)) и при поддержке гранта РФФИ № 19-05-009 45.

Введение

В основу происхождения Верхояно-Колымской системы мезозойд (ВКСМ) положена модель структурного преобразования окраинных (краевых) морей в орогенную складчатую систему. Сама идея окраинноморской модели, возникшая еще в пору геосинклинальной концепции [1], позже в плитотектонических построениях ВКСМ только упоминалась, но была обоснована лишь в конце прошлого столетия [2]. Эти представления показали, что территория ВКСМ в позднем палеозое–мезозое представляла собой окраинное море, отгороженное от океанических пространств Палеопацифики и Протоарктики конвергентными границами. В позднем мезозое в тылу указанных конвергентных границ произошла перестройка окраинного моря в коллизионную складчатую систему, которая принципиально отличается своим происхождением и строением от

аккреционных складчатых систем, формирующихся во фронте конвергентных границ [2–4].

Цель данной статьи направлена на постановку проблемы и обсуждение альтернативной окраинноморской модели формирования ВКСМ на основе концепции тектоники плит, которая нуждается в дальнейшем изучении и детальной разработке. Предпринята попытка показать строение основных тектонических элементов ВКСМ, этапы и некоторые особенности их развития в процессе структурной перестройки окраинного моря.

Кроме того, окраинное море, занимавшее территорию ВКСМ в позднем палеозое–мезозое, предлагается называть «Якутским окраинным морем» (ЯОМ). А малый океан между Верхоянской пассивной окраиной и Омудевским микроконтинентом [3–6] именовать «Оймяконский малый океан, малый океанический бассейн».

Обсуждение

В тектоническом строении ВКСМ большая часть ее территории принадлежит районам с погребенной дорифейской континентальной корой Северо-Азиатского кратона (САК), а также отдельным блокам с выходами дорифейской коры на дневную поверхность. Наиболее обширным из них является восточная окраина САК, на поверхности погруженного дорифейского фундамента которой располагаются терригенные комплексы Верхоянской пассивной континентальной окраины (ВПКО) (см. рисунок). Значительные размеры ВПКО были приобретены не только в процессе осадконакопления с проградацией шельфовых отложений верхоянского комплекса в восточном направлении [5], но и образованием ВПКО между двумя сравнительно далеко отстоящими друг от друга Индигирской и Верхоянской среднепалеозойскими рифтовыми системами [7], заложенными соответственно в живетское и франское время и закончившими свое развитие в конце позднекаменноугольной эпохи [8].

Расположение погребенных рифтовых структур Индигирской и Верхоянской систем вдоль восточной и западной границ Верхоянского складчато-надвигового пояса (ВСНП) и сеть разломов, образованная между ними, показали высокую степень дробления фундамента ВСНП, его высокую проницаемость и насыщенность интрузиями гранитоидов. Разобщенные «отторженцы» дорифейской континентальной коры САК, Охотский и Омолонский мегаблоки с архейским субстратом, выходящим на дневную поверхность, выделяются в юго-восточной части ВКСМ и сочленяются через погруженные дорифейские блоки, лежащие в основании Балыгычанской и Сугойской складчатых зон [9]. В среднем палеозое они представляли протяженный Северо-Охотский дорифейский цоколь САК, на окраине которого формировались образования кедонской серии Охотско-Омолонской магматической дуги андского типа [10]. Находят свое место и происхождение ряд погребенных выступов фундамента (Янское и другие), расположенные между Верхоянской и Индигирской палеорифтами, которые интерпретировались ранее как погруженные срединные массивы [9].

Миогеоклинальные блоки Омuleвского пояса (микроконтинента) представляют собой фрагменты земной коры фанерозойской пассивной окраины, отторгнутые от восточного края САК в процессе среднепалеозойского рифтогенеза [11, 12].

Крупным из них является Приколымский блок с раннепротерозойским метаморфическим основанием [13, 14]. Другие палеозойские блоки образуют западный индентор Колымо-Омолонского мегаблока (КОМ). Тектонически Омuleвские блоки разделяются на две группы. Улахан-Сисский, Селенняхский, Тас-Хаяхтахский и Урультунский являются аллохтонными, покровными структурами, которые надвинуты на терригенные толщи Полоусненского и Инъяли-Дебинского синклиналиев. Кроме того, эти покровы пронизаны коллизионными гранитоидами Главного и Северного поясов. Автохтонные – Приколымский, Ясаченский, Рассохинский, Омuleвский и Нахаттинский блоки располагаются в тылу аллохтонных пластин. Граница между аллохтонными и автохтонными блоками проводится по разлому Улахан, вдоль юго-западной окраины КОМ.

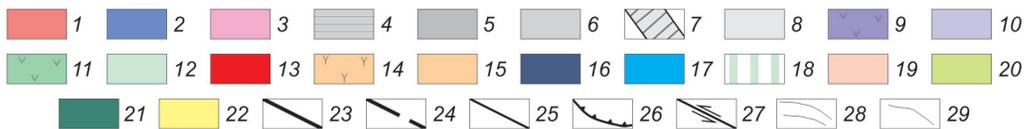
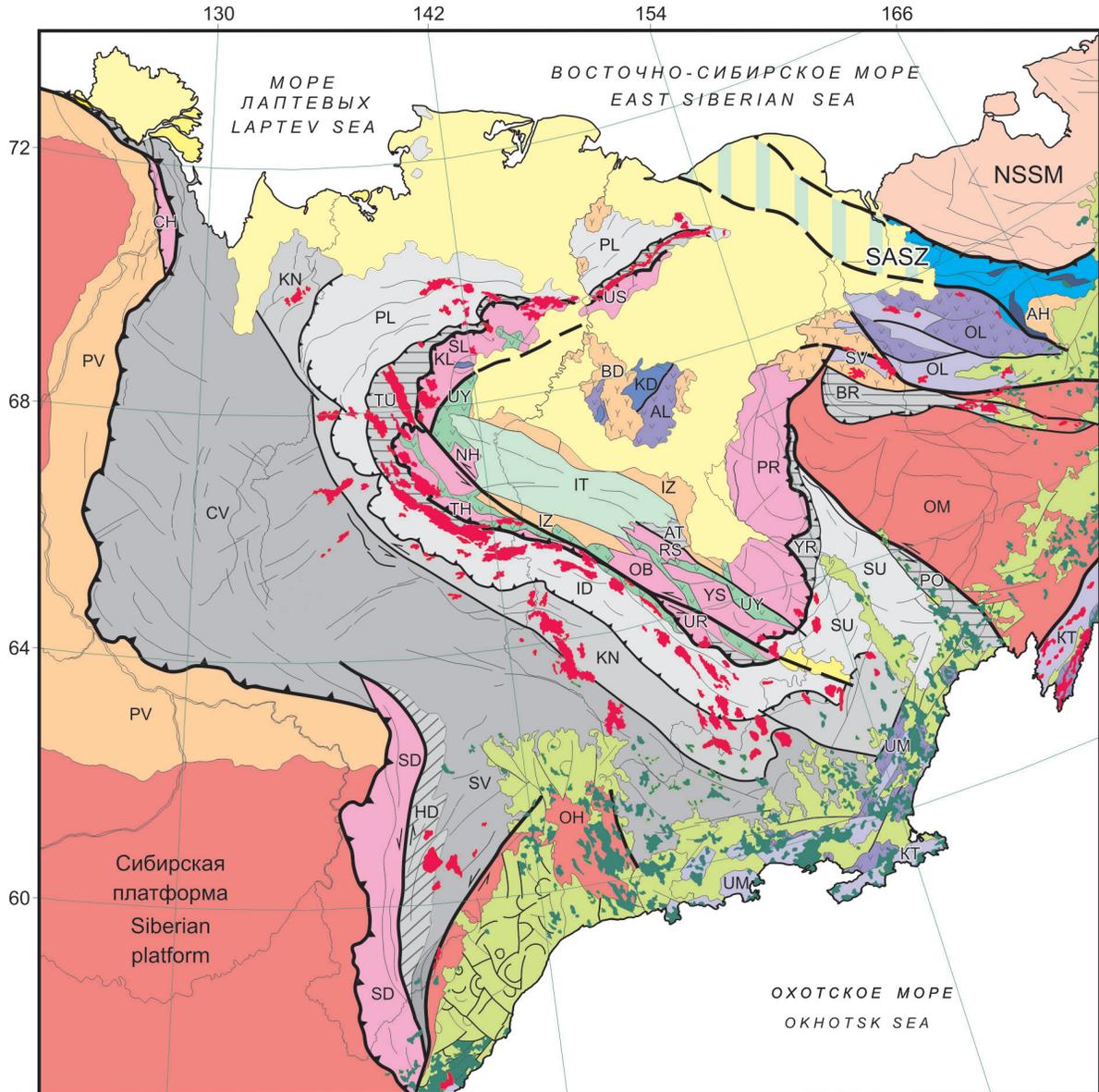
Омuleвский микроконтинент в строении ЯОМ играл важную роль, он разделял Оймяконский и Арга-Тасский малые бассейны. Первый из них известен в качестве пострифтового Оймяконского малого океана (МО), второй – размещается между Омuleвским микроконтинентом и Алазейской островной дугой и является малым задуговым бассейном [5, 15].

Блоки симатических и офиолитовых образований выделяются на территории КОМ. Наиболее крупный Кенкельдинский блок размещается на Алазейском поднятии. Он имеет двухъярусное строение: симатический метаморфический фундамент и маломощный осадочный чехол.

Метаморфические породы фундамента сложены рассланцованными метабазами (океанические толеиты, оливинные базальты) и сложнодислоцированными кварц-слюдисто-амфиболовыми и другими сланцами, кварцитами и мраморизованными известняками. Они неоднократно деформированы в складки пластического течения и являются их структурными отличительными признаками. Породы метаморфизованы в эпидот-амфиболитовой и глаукофан-зеленосланцевой [16] или глаукофансланцевой, зеленосланцевой и цеолитовой [17] фациях. Докембрийский возраст метаморфических образований обоснован находками остатков нижнерифейских водорослей [18] и комплекса юдомских онколитов [16], полный список которых (*Vesicularites concretus* Z. Zhur. и др.) приводится в фондовых материалах (А.Г. Кац и др., 1980 г.).

Осадочный чехол Кенкельдинского блока сложен маломощными трещиноватыми отложениями кенкельдинской толщи. Ископаемые органи-

ТЕКТОНИКА ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ СИСТЕМЫ МЕЗОЗОИД (ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)



Тектоническая схема Верхояно-Колымской системы мезозойд.

Геологические комплексы. Северо-Азиатского кратона: 1 – дорифейские континентальные, 2 – докембрийские симатические. Пассивных окраин. Омuleвская: 3 – рифея–среднего палеозоя, 4 – позднего палеозоя–мезозоя. Верхоянская позднего палеозоя–мезозоя: 5 – шельфовые, 6 – континентального склона и подножья, 7 – поперечной долины Южного Верхоянья. Оймяконского океанического бассейна: 8 – мезозойские осадочные. Активных окраин позднего палеозоя–мезозоя: 9 – островодужные, 10 – задуговых и преддуговых бассейнов. Синколлизонные. Позднеюрские: 11 – минисубдукционные вулканогенные, 12 – морские осадочные. 13 – гранитоиды поздней юры–раннего мела. Меловые: 14 – вулканогенные, 15 – осадочные. Южно-Аннуйская шовная зона: 16 – океанической коры; островодужные и морские: 17 – установленные, 18 – предполагаемые. Новосибирско-Чукотская система мезозойд: 19 – террейны Северо-Американского кратона (Чукотский микроконтинент). Охотско-Чукотский магматический пояс: 20 – вулканогенные, 21 – интрузивные. 22 – кайнозойские отложения. Разломы главные: 23 – установленные, 24 – предполагаемые, 25 – разломы складчатых зон; 26 – надвиги, 27 – сдвиги; 28 – структурные линии складок и разрывов; 29 – стратиграфические границы.

Буквенные обозначения. Блоки Северо-Азиатского кратона: OH – Охотский, OM – Омолонский, KD – Кенкельдинский. Омuleвского пояса. Автохтонные: PK – Приколымский, YS – Ясачненский, OV – Омuleвский, RS – Рассохинский, NH –

Нахтинский. Аллохтонные: UR – Урультунский, TH – Тас-Хаяхтахский, SL – Селенняхский, KL – Калгынский, US – Улахан-Сисский. *Складчатые зоны. Верхоянские*: SD – Сетте-Дабанская, CH – Чекуровская. CV – Центрально-Верхоянская, SV – Южно-Верхоянская. HD – Хандыгская (кливажная), KN – Кулар-Нерская. *Оймяконские*: ID – Иньяли-Дебинская, PL – Полоусненская, SU – Сугойская, TU – Туостакская, YR – Ярходонская, PO – Приомолонская. *Островодужные*: AL – Алазейская, OL – Олойская, KT – Кони-Тайгоноская, UM – Удско-Мургальская. *Преддуговые и задуговые (нерасчлененные)*: AT – Арга-Таская, BR – Березовская, SV – Сиверский блок. *Синколлизонные структуры*: UY – Уяндына-Ясачненский вулканический пояс, IT – Илин-Тасский антиклинорий. Прогибы: PV – Приверхоянский, IZ – Индигиро-Зырянский. Впадины: BD – Бадярихинская, AH – Айнахкургенская. SASZ – Южно-Анойская шовная зона, NSSM – аккреционная Новосибирско-Чукотская система мезозид (террейны Северо-Американского кратона).

Tectonic scheme of the Verkhoyansk-Kolyma mesozoid system.

Geological complexes. North Asian Craton: 1 – Pre-Riphean continental, 2 – Precambrian simatic. Passive margins. Omulevskaya: 3 – Riphean-Middle Paleozoic, 4 – Late Paleozoic-Mesozoic. Verkhoyansk of the Late Paleozoic-Mesozoic: 5 – shelf, 6 – continental slope and foot, 7 – transverse valley of the Southern Verkhoyansk. Oumyakon oceanic basin: 8 – mesozoic sediments. Active margins of the Late Paleozoic-Mesozoic: 9 – island-arc, 10 – back-arc and fore-arc basins. Syncollisional. Late Jurassic: 11 – minisubduction volcanogenic, 12 – marine sediments. 13 – granitoids of the Late Jurassic – Early Cretaceous. Cretaceous: 14 – volcanogenic, 15 – sedimental. South Anyuy suture zone: 16 – oceanic crust; island-arc and marine: 17 – established, 18 – proposed. Novosibirsk-Chukotka mesozoid system: 19 – terrains of the North American craton (Chukotka microcontinent). Okhotsk-Chukotka magmatic belt: 20 – volcanogenic, 21 – intrusive. 22 – Cenozoic sediments. Major faults: 23 – established, 24 – proposed, 25 – faults of the folded zones, 26 – thrust faults, 27 – strike-slip faults, 28 – structural lines of folds and faults, 29 – stratigraphic boundaries.

Abbreviations. Blocks. *North Asian Craton*: OH – Okhotsky, OM – Omolonsky, KD – Kenkeldinsky. *Omulevsky belt*. Autochthonous: PK – Prikolymsky, YS – Yasachnensky, OV – Omulevsky, RS – Rassokhinsky, NH – Nakhtinsky. Allochthonous: UR – Urultunsky, TH – Tas-Khayakhtakhsy, SL – Selennyakhsy, KL – Kalgynsky, US – Ulakhan-Sissy. *Fold zones. Verkhoyansk*: SD – Setteh-Dabanskaya, CH – Chekurovskaya. CV – Central Verkhoyansk, SV – Southern Verkhoyansk. HD – Khandygsкая (cleavage), KN – Kular-Nerskaya. *Oumyakon*: ID – Inyali-Debinskaya, PL – Polousnenskaya, SU – Sugoykaya, TU – Tuostakhsкая, YR – Yarkhodonskaya, PO – Preomolonskaya. *Island-arc*: AL – Alazeiskaya, OL – Oloykaya, KT – Koni-Taygonosskaya, UM – Uda-Murgalskaya. *Fore-arc and back-arc*: AT – Arga-Tasskaya, BR – Berezovskaya, SV – Siversky block. *Syncollisional structures*: UY – Uyandina-Yasachnensky volcanic belt, IT – Ilin-Tass anticlinorium. Troughs: PV – Priverkhoyansk, IZ – Indigirka-Zyryansky. Hollowes: BD – Badyarikhinskaya, AH – Aynakhkurgenskaya. SASZ – South Anyuy suture zone, NSSM – accretion Novosibirsk-Chukotka mesozoid system (terrane of the North American Craton).

ческие остатки в них не обнаружены, и они условно относятся к среднепалеозойским образованиям. Состоят из слабостратифицированных граувакковых, реже полимиктовых песчаников, содержащих обломки гранитоидов, кварцитов и метаморфических сланцев. Нередко среди них встречаются крупные окатанные обломки кремнистых пород и известняков [16, 19].

Образования Алазейского островодужного комплекса занимают юго-восточную половину одноименного поднятия. Сложены они из вулканокластических отложений каменноугольно-юрского возраста с подчиненным количеством базальтовых лав и органогенно-детритовых известняков. По геодинамической природе породы соответствуют осадкам, заполнявшим задуговой бассейн Алазейской островной дуги [19, 20]. Неравномерное накопление осадков отмечается стратиграфическими перерывами в разрезах раннего, среднего карбона, перми, отсутствием отложений раннего и среднего триаса [16, 17]. В конгломератах позднего триаса присутствуют валуны и галька всех подстилающих пород, а также плагиогранитов и метаморфических сланцев [19].

Цепочка пластин офиолитовых образований хребта Черского тектонически встроена надви-

гами в миогеоклинальные толщи Омuleвского пояса. Среди них лучше изучен калгынский комплекс Селенняхского блока, сложенный (снизу вверх) серпентенитовым меланжем, офиолитокластитами, ультрабазит-базитами, габбро-амфиболитами и metabазальтами, которые перекрывают полиметаморфические образования уядинского комплекса [6]. Результаты последних исследований показали, что ультрамафит-мафиты калгынского комплекса имеют близкое родство по составу и происхождению с океаническими аналогами, а не с мунилканскими, которые менее близки к океаническим [21]. Наиболее древний возраст офиолитовых образований хребта Черского предполагается раннепалеозойским [22]. Однако до сих пор не опровергнуты данные о находках среднерифейских строматолитов в карбонатных породах томмотской серии Селенняхского блока [23], ассоциирующих пространственно с породами офиолитового комплекса.

Мезозойские структурно-вещественные комплексы Полоусненского, Иньяли-Дебинского и Сугойского синклинориев Оймяконского складчатого пояса дугой обрамляют КОМ с запада и представляют собой три составных сегмента

Оймяконского бассейна малого океана. Формирование его связано с процессом заложения в живетское время Ольджойско-Нерской рифтовой ветви ИРС [7], отколовшей от восточного края САК миогеоклинальные блоки Омупевского микроконтинента [11, 12]. Этот бассейн в течение среднепалеозойско-мезозойского времени последовательно прошел все стадии своего развития, начиная от внутриконтинентальной рифтовой долины до раздвига ее бортов с полным расколом сиалической коры и внедрением образований мантийного вещества, создавшего океанскую кору ОМО [5] или дно различных малых океанических бассейнов [24]. В позднеюрское время ОМО закончил свое существование предугловым бассейном островной дуги Уяндино-Ясачненского вулканического пояса (УЯВП) [5].

Из трех сегментов внутриконтинентального ОМО наиболее изучена его центральная Иньяли-Дебинская зона (синклиний) [1, 25], выполненная терригенными флишоидными триас-юрскими толщами мощностью около 11 000 м. Геологические исследования синклиния последних лет свидетельствуют, что осадконакопление в бортовых участках бассейна сопровождалось размывом, оползанием осадочных отложений, с частыми нарушениями осадков следами течения, а неокатанные формы местных обломков и наличие конседиментационных олистором указывают, что эти осадки не могли транспортироваться далеко от его берегов [26]. Тем не менее, юрские толщи (6000 м) Иньяли-Дебинской зоны обладают непрерывным осадочным разрезом, тогда как строение и развитие одновозрастных терригенных толщ Сугойского и Полоусненского сегментов иное.

В Сугойском синклинии триас-юрские морские отложения со стратиграфическим несогласием перекрывают верхнепалеозойские породы пассивных окраин Приколымского и Омолонского блоков [27]. Следующий перерыв в осадконакоплении отмечается на уровне плинсбах-тоарской эпохи, и аален-байосские отложения несогласно перекрывают геттанг-синемюрские [28]. Другие исследователи подчеркивают, что мезозойские осадочные толщи Сугойского бассейна не содержат пелагических осадков и «ничего океанического в них нет» [2], как нет их в центральном и северном сегментах Оймяконского бассейна.

Северный сегмент Оймяконского бассейна состоит из морских терригенных отложений Полоусненского и Ерчинского синклиниев, несущих

разнообразную геологическую информацию о неглубоко залегающем их кристаллическом фундаменте. В районе Депутатского месторождения дайки основного состава мелового возраста содержат ксенолиты лейкократовых гранитов и пород кристаллического фундамента (гнейсы, гранулиты, биотит-графитовые и гранат-графитовые сланцы) [29]. В Ерчинском синклинии (Кондаковское плоскогорье) изучение литологических свойств позднеюрских (оксфорд-волга) турбидитовых отложений показало, что источником обломочных пород служат гранитоиды и кристаллические сланцы подстилающего фундамента [30].

Келловейские отложения Полоусненского синклиния со стратиграфическим перерывом залегают на норийских отложениях, а в осадках оксфордского возраста обнаруживается накопление хаотических обломков и валунов известняков среднего палеозоя [31]. На территории этого синклиния, как и в Сугойском, из осадконакопления выпадают отложения плинсбахского яруса и глинистые осадки тоарского или ааленского веков перекрывают песчаники геттангского возраста.

Характерная черта строения пострифтового внутриконтинентального Оймяконского бассейна состоит в том, что он, как и все подобные бассейны, размещается между структурами пассивных континентальных окраин [4, 32]. Его западная сторона состоит из осадочных комплексов обширной ВПКО, а противоположная сторона – из отложений цепочки блоков пассивной окраины Омупевского микроконтинента.

Позднепалеозойские комплексы пассивной окраины Омупевского микроконтинента хорошо сохранились на восточном крыле Приколымского блока, где происходит смена терригенно-карбонатных шельфовых отложений раннего карбона черносланцевыми отложениями континентального склона и подножья среднего-позднего карбона и пермского возраста. В осадочных разрезах позднего карбона содержатся горизонты лав и эффузивов основного состава монхайдинской свиты [33], являющихся аналогами чахаданской свиты Южного Приколымья. С вулканогенными образованиями монхайдинской свиты ассоциирует одновозрастная ей интрузивная серия силлов и даек габбро и долеритов, которые цепочкой прослеживаются вдоль зоны Ярхонского разлома и проникают далее на северо-восток в каменноугольные толщи Березовской складчатой зоны [28]. Этот позднекаменноуголь-

ный магматизм основного состава вдоль пассивной окраины Приколымского блока интерпретируется как следствие локального «неразвившегося рифта» [28]. Однако, это событие можно трактовать как проявления финального магматизма рифтовой ветви ИРС и попытку проникновения ее в Березовскую зону.

На северной окраине Селенняхского блока, среди отложений среднего–позднего карбона, также обнаруживаются покровы базальтов и их туфов [31]. Вполне возможно, что они тоже являются следами позднего рифтового магматизма, закончившего свое развитие в Ольджойской зоне, на другом северо-западном конце ИРС.

Возвращаясь к проблеме среднепалеозойского рифтогенеза, следует указать, что полный раскол сиалической коры с раскрытием мантийного субстрата произошел в центральной Нерской (Инъяли-Дебинской) зоне ИРС. Предполагается, что перерастание рифтовой зоны в ОМО началось в визейское время [15]. Однако формирование океанской коры в Оймяконском бассейне могло начаться и раньше с позднего девона (фран). Это время отмечается проявлением рифтового ультрабазит-базитового магматизма не только в пределах Тас-Хаяхтаха блока [21], но и далее на юго-восток, вдоль всей зоны структур Омудевского микроконтинента [8, 34]. Кроме того, во франскую эпоху происходило усиление, разрастание процесса рифтинга, латерального растяжения и деструкции земной коры САК с образованием второй трехлучевой Верхоянской рифтовой системы [7]. Одновременно с этим продолжалось развитие ИРС, а в ее Нерской зоне произошел полный раскол сиалического слоя с формированием ОМО и началом спрединга ее океанской коры.

Можно предполагать, что время завершения процесса рифтинга в Индигирском регионе примерно совпадает со временем окончания спрединга в ОМО и есть возможность приблизительно оценить возраст океанской коры ОМО как поздний девон–поздний карбон.

Во-первых, это проявление рифтогенеза ИРС (живет) и базальтового магматизма увязкинской толщи в Арга-Тасской зоне (эйфель?), природа которой трактуется неоднозначно [34, 35],

Во-вторых, уместно напомнить, что существующие представления о возрасте офиолитов пояса хребта Черского построены на том, что большинство из них предполагаются палеозойскими. Среди них Калгынский и Мунилканский

офиолиты – ордовикские [6,15], Арга-Тасского бассейна – среднепалеозойские [35]. А кыбытыгасские базиты Тас-Хаяхтаха имеют рифтовое происхождение и франский возраст [21]. Остатки океанской коры молодого возраста в пределах коллизийного пояса Черского и в соседних с ним районах пока не обнаружены.

В-третьих, если предполагать действие спрединга ОМО с каменноугольного времени до юрского, то этот океанический бассейн приобрел бы, по крайней мере, размеры, близкие Атлантическому океану, и ход геологической истории рассматриваемой территории был бы совершенно иным. Все это позволяет искать другие пути решения поставленных вопросов, один из которых обсуждается ниже.

Изучение геодинамических обстановок современных малых океанических бассейнов показало, что среди них существуют бассейны с прерванным спредингом или утратившим рост океанической коры с последующим погребением ее осадочным чехлом и именуются они как «спящие, уснувшие» океанические бассейны [36]. «Спящий» тектонический режим океанской коры таких бассейнов может охватывать разные промежутки времени. В качестве примера приводятся строение бассейнов Черного, Каспийского (южная часть) морей и Мексиканского залива, утративших спрединг или активный рост океанской коры. В этой работе в качестве примера «спящего» малого океана попытаемся рассмотреть Оймяконский малый океанический бассейн.

Идея «спящего» малого океана позволяет предполагать, что прекращение процесса среднепалеозойского рифтинга на территории ВКСМ произошло одновременно с прекращением спрединга, разрастания малой океанской коры в Оймяконском бассейне в конце каменноугольной эпохи и переходом ее в состояние «спящего» тектонического режима.

В такой обстановке тектонического покоя малая океанская кора Оймяконского бассейна, примерный возраст которой составляет поздний девон–поздний карбон (см. выше), вероятно – пребывала в течение пермско-раннеюрского времени и была покрыта толстым слоем (чехлом) терригенных осадков, сносимых с Верхоянского и Омудевского пассивных континентальных окраин, обрамлявших Оймяконский бассейн. Мощность мезозойских отложений, накопившихся только в его центральном сегменте, составляла более 11 000 м. Дальнейший механизм погруже-

ния дна таких «спящих» малых океанов был обусловлен преимущественно весом накопившихся перекрывающих отложений дна бассейна и относительно «быстрым» охлаждением «спящей» океанской коры [36].

Возобновление активного латерального движения «спящей» Оймяконской малой позднепалеозойской океанской коры и ее погружение под земную кору КОМ начались лишь в позднеюрскую эпоху с закрытием ОМО и формированием в поздней юре (оксфорд–ранний титон) островодужных комплексов УЯВП, связанных с временем процесса минисубдукции малой океанской коры. Здесь «минисубдукция» понимается как процесс погружения, субдукции малой океанской коры в замкнутых окраинных морях под островную дугу или микроконтинент.

Близкая палеогеодинамическая обстановка формирования ЯОМ с указанными перикратонными структурами оказывается сходной с образованием структур дна современного Японского моря [13]. Одна из моделей формирования структур дна таких окраинных морей предполагает разрыв, расклинивание литосферы над зоной субдукции восходящей рассеянной (диффузной) мантийной ветвью, подобно процессу рифтогенеза. Отсюда следует предполагать, что этот механизм образования структур океанского дна окраинного моря с течением времени прерывается, прекращается и спрединг малой океанской коры в этих бассейнах. Вполне возможно, что Арга-Тасский и Оймяконский малые океаны, утратившие процесс спрединга в позднекаменноугольное время до позднеюрской эпохи, могли находиться в состоянии «спящих» малых океанов.

Структурное преобразование ЯОМ в орогенную складчатую ВКСМ началось в среднеюрское время. Главным событием этой эпохи стало закрытие Арга-Тасского малого океанического (задугового) бассейна, который, с одной стороны, омывал берега пассивной окраины Омудевского микроконтинента, а с другой – берега Алазейской островодужной зоны. Закрытие этого бассейна привело к тектоническому объединению Омудевского микроконтинента с Алазейско-Олойской островной дугой в Колымо-Омолонский мегаблок, супертеррейн по Л.М. Парфенову [5]. Однако на палеотектонических схемах и профилях рассматриваемой территории Арга-Тасский малый океанический бассейн не изображается или изображается безымянным [3, 6, 13].

В образовании земной коры КОМ в среднеюрскую эпоху участвовали разнородные и разновозрастные блоки: дорифейский Приколымский, палеозойские Омудевские, докембрийский Кенкельдинский и Алазейско-Олойской островной дуги позднего палеозоя–раннего мезозоя [15]. Геологические комплексы и тектонические деформации, созданные в процессе среднеюрского орогенного этапа на территории КОМ, многочисленны и выражены в разнообразной форме, что свидетельствует о различных взаимоотношениях блоков его земной коры.

На Тас-Хаяхтаском и Омудевском блоках это угловые несогласия в основании осадочных и вулканогенных толщ средней юры [25, 37], а в пределах чешуйчатых блоков хребта Арга-Тас среднеюрские отложения не обнаружены [25, 38]. В Улахан-Сисском блоке образования верхнебатских олистостром определяют развитие фронтальных надвигов [39].

На Алазейском поднятии рассматриваемое событие отмечено накоплением аален-байосской толщи с конгломератами, перекрывающей несогласно более древние отложения, и проявлением среднеюрского гранитоидного магматизма [17].

На востоке Олойской зоны бат-келловейские вулканогенно-осадочные породы со стратиграфическим несогласием залегают на верхнеюрских [28]. В Березовской зоне и на Сиверском блоке из осадочного разреза выпадают отложения средней юры и киммеридж-волжские толщи базальными конгломератами с размывом и угловым несогласием перекрывают отложения разных горизонтов верхнего палеозоя, триаса и нижней юры. Тогда как рядом в Омолонском палеобассейне накопление осадков в среднеюрскую эпоху не прекращалось [28]. Наконец, со среднеюрской тектонической эпохой проявился заключительный, третий этап (174 млн лет) метаморфических преобразований калгынского офиолитового и ассоциирующих с ними метаморфических пород уядинского комплексов с выведением их складчато-надвиговыми дислокациями к земной поверхности Селенняхского блока [6, 15].

На южной окраине САК в рассматриваемую эпоху в процессе столкновения структур кратона с Буренинским супертеррейном завершается формирование Монголо-Охотского орогенного пояса [10]. Одновременно на северном побережье Палеоокеана региональные тектонические движения в пределах Северо-Охотской конти-

нентальной окраины приводят к смене древних островодужных структур активных окраин молодыми. В результате Кони-Тайгоноская островная дуга, которая в позднем палеозое–раннем мезозое отгораживала Сибирский континент от Палеопацифики [2], наращивается наложением на нее позднеюрско-раннемеловой Удско-Мургальской дуги [10].

Позднемезозойская тектоническая перестройка ЯОМ, начавшаяся в среднеюрское время образованием КОМ, была продолжена в поздней юре–раннем мелу закрытием ОМО в процессе сближения КОМ с Сибирским континентом [5]. Замыкание этого бассейна происходило в поздней юре, в относительно коротком интервале времени (оксфорд–начало титона), с формированием островодужного УЯВП в результате минисубдукции малой Оймяконской океанской коры под неоднородную земную кору КОМ. В этой обстановке, на заключительной стадии своего развития Оймяконский бассейн был выражен преддуговым прогибом [5], но без типичного надсубдукционного аккреционного клина. Поскольку погружение малой «спящей» океанской коры происходило под мощным чехлом морских отложений позднего палеозоя–мезозоя, накопившихся в результате размыва Верхоянской и Омудевской пассивных окраин, обрамлявших Оймяконский бассейн. Соответственно, поддвигающаяся плита малой океанской коры проскальзывала и погружалась под базальными срывами в основании осадочных толщ этого бассейна.

Однако близкая по строению аккреционной призматической тектонической структуре во фронтальной зоне КОМ существует. Она сложена триас-юрскими отложениями Туостахской складчатой зоны антиклинорного строения. Формирование складчато-надвиговой структуры и сучивание морских отложений этой зоны было создано в результате коллизионного «бульдозерного» действия индентора КОМ в западном направлении на мезозойские толщи Полоусненской зоны.

Следует обратить внимание и на то, что современные тектонические схемы развития ВКСМ [13; и др.] построены на методах тектоники литосферных плит, используемых для расшифровки структурного образования геодинамических единиц открытых, обширных океанических пространств. Видимо поэтому возникают расхождения в интерпретации зарождающихся тектонических комплексов и структур ВКСМ в

позднем мезозое в условиях замкнутого окраинного моря.

Например, природа УЯВП трактуется по-разному, хотя большинство геологов принимают его островодужное происхождение, но при этом неодинаково решают полярность ее минисубдукции [12, 40]. Другие видят происхождение УЯВП рифтовым [41] или сложным геодинамически зональным [42]. Соответственно, смежный Илинь-Тасский позднеюрский прогиб предполагается преддуговым или задуговым бассейном Уяндино-Ясачненской островной дуги, но Илинь-Тасский синколлизийный прогиб мог возникнуть и рамповым грабеном.

Неоднозначно решается происхождение Главного и Северного гранитных поясов, завершивших формирование континентальной коры ВКСМ в позднеюрско-раннемеловое время. Гранитоиды Главного батолитового пояса традиционно представляют собой магматические образования позднеюрского коллизионного процесса [13, 43]. Тогда как происхождение субдукционных раннемеловых гранитоидов Северного пояса предполагает формирование их с закрытием небольшого остаточного залива Южно-Ануйского океана [13], но возможно и другое, и они отражают процесс минисубдукции малой океанической коры Арга-Тасского задугового бассейна, который не был полностью замкнут в среднеюрское время.

Таким образом, закрытием Оймяконского и Арга-Тасского малых океанических бассейнов, столкновением КОМ с Сибирским континентом, формированием Главного и Северного поясов гранитных батолитов в поздней юре–раннем мелу завершается тектоническая перестройка перикратонных структур ЯОМ северо-востока Азии в орогенную складчатую ВКСМ с новообразованной позднемезозойской континентальной корой. Структурный план ВКСМ показывает не нагромождение, коллаж блоков земной коры, а отчетливый латеральный ряд различных по природе складчатых поясов, сменяющих друг друга с запада на восток (см. рисунок). В этом же направлении складчатые пояса деформируются, образуя в центральной части ВКСМ полукольцо, получившее наименование «Колымская петля» [11].

Западное обрамление ВКСМ представлено структурами синколлизийного Приверхоянского краевого прогиба, раннемеловые осадочные толщи которых нарушены надвиговыми дислокациями. К востоку от них располагается обшир-

ный Верхоянский складчато-надвиговый пояс, сложенный преимущественно шельфовыми терригенными отложениями одноименной пассивной континентальной окраины. Размещаются они на погруженном раздробленном дорифейском фундаменте САК, целостность которого нарушена разломами, по крайней мере, девонского рифтогенеза. К структурам Верхоянского складчато-надвигового пояса с востока примыкает Кулар-Нерский сланцевый пояс, сложенный дистальными отложениями континентального склона и подножья ВПКО, которые далее сменяет пояс морских глубоководных флишевых толщ Оймяконского малого океанического бассейна, образующих внешние складчато-надвиговые структуры коллизионного пояса хребта Черского.

Внутренние структурные элементы коллизионного пояса Черского («Колымской петли») состоят из полукольца аллохтонных и автохтонных палеозойских блоков Омупевского микроконтинента, на которые наложена цепочка минисубдукционных островодужных образований Уяндино-Ясачненского вулканогенного пояса. Вулканогенно-осадочные породы Арга-Тасского задугового океанического бассейна выявляются среди серии небольших чешуйчатых блоков Омупевского складчатого пояса, а основная часть их скрыта под осадочными комплексами Илинь-Тасского антиклинория. Структуры Алазейской островной дуги на противоположной стороне Арга-Тасского бассейна погребены меловыми отложениями Индигиро-Зырянского прогиба и четвертичными Ожогинского дола.

В строении основных коллизионных структур пояса Черского участвуют гранитоидные батолиты позднеюрского Главного и раннемелового Северного поясов, которые «сшивают» разнородные блоки земной коры КОМ и Сибирского континента. Наконец, восточную окраину ВКСМ дугообразно замыкают структуры Алазейско-Олойского, Кони-Тайгоносского и Удско-Мургальского островодужных складчато-надвиговых поясов, которые представляли собой активные геодинамические элементы конвергентных границ Протоарктики и Палеопаффики и обрамляли структуры Якутского окраинного моря в позднем палеозое–мезозое.

В позднеюрское время вдоль северной активной окраины Сибирского континента с началом закрытия остаточного Южно-Аньюйского бассейна происходит сближение Чукотского микроконтинента с континентальной окраиной ВКСМ.

В конце раннемелового времени в процессе аккреции они столкнулись с формированием между ними Южно-Аньюйской шовной зоны (ЮАШЗ). В итоге вдоль ЮАШЗ произошло приращение, увеличение новообразованной позднемезозойской континентальной коры Северо-Азиатского кратона чужеродными блоками (террейнами) Северо-Американского кратона, состоящими из Чукотского микроконтинента (пассивной окраины), и тектоническими элементами островов Новой Сибири и Врангеля, которые образовали аккреционную Новосибирско-Чукотскую систему мезозоид (НЧСМ).

Особенности геодинамического развития орогенных сооружений мезозоид Северо-Востока России на примере неоднородных Верхояно-Чукотской и Корякско-Камчатской складчатой областей [4] показывают, что орогенные складчатые Верхояно-Колымская и Новосибирско-Чукотская системы мезозоид состоят из тектонических структур разных кратонов – Северо-Азиатского и Северо-Американского и формировались они по разные стороны конвергентной границы южной Протоарктики. С момента своего сочленения в зоне Южно-Аньюйского шва эти две разнородные складчатые системы мезозоид: коллизионная (окраинноморская) Верхояно-Колымская и аккреционная Новосибирско-Чукотская, продолжили свое развитие уже в составе единой Верхояно-Чукотской орогенной области мезозоид Северо-Востока России, конвергентная граница которой была обозначена вдоль новой юго-восточной окраины Северо-Азиатского кратона формированием позднемеловых вулканоплутонических комплексов Охотско-Чукотского магматического пояса.

Заключение

Рассмотрена альтернативная окраинноморская модель формирования орогенной системы в процессе структурной перестройки окраинного моря. В позднем палеозое–мезозое на территории ВКСМ размещалось ЯОМ с малыми океанскими бассейнами, которые в позднем мезозое были закрыты в процессе минисубдукции их океанской коры под островные дуги и микроконтиненты. В результате происходило возникновение новообразованных тектонических элементов, столкновение их с Сибирским континентом и формирование орогенной ВКСМ.

Особенности геодинамического развития орогенных ВКСМ и НЧСМ показывают, что они состоят из тектонических структур разных кра-

тонов, Северо-Азиатского и Северо-Американского, и формировались они по разные стороны конвергентной границы литосферных плит. С момента своего сочленения эти две разнородные системы мезозойд: коллизионная (океаноморская) Верхояно-Колымская и аккреционная Новосибирско-Чукотская, продолжили свое развитие уже в составе единой Верхояно-Чукотской орогенной области мезозойд Северо-Востока России.

Литература

1. *Чехов А.Д.* Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии (океаноморская модель). М.: Научный мир, 2000. 204 с.
2. *Соколов С.Д., Диденко А.Н., Григорьев В.Н., Александрушин М.В., Бондаренко Г.Е., Крылов К.А.* Палеотектонические реконструкции северо-востока России: проблемы и неопределенности // *Геотектоника*. 1997. № 6. С. 72–90.
3. *Бондаренко Г.Е.* Тектоника и геодинамическая эволюция мезозойд северного обрамления Тихого океана. Автореф. дис. докт. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2004. 46 с.
4. *Соколов С.Д.* Очерк тектоники Северо-Востока Азии // *Геотектоника*. 2010. № 6. С. 60–78.
5. *Парфенов Л.М.* Террейны и история формирования мезозойских орогенных поясов Восточной Якутии // *Тихоокеанская геология*. 1995. Т. 14, № 6. С. 32–43.
6. *Оксман В.С.* Тектоника коллизионного пояса Черского (Северо-Восток Азии). М.: ГЕОС, 2000. 269 с.
7. *Третьяков Ф.Ф.* Некоторые аспекты строения консолидированной коры Верхоянского складчатонадвигового пояса // *Отечественная геология*. 2017. № 5. С. 116–122.
8. *Гусев Г.С., Гайдук В.В., Булгакова М.Д., Фрадкин Г.С., Брахфогель Ф.Ф.* Среднепалеозойский (верхнегерцинский) мегакомалекс // *Структура и эволюция земной коры Якутии* М.: Наука, 1985. С. 89–117.
9. *Мерзляков В.М., Терехов М.И.* Срединные массивы Северо-Востока СССР // *Тектоника срединных массивов*. М.: Наука, 1976. С. 37–42.
10. *Ханчук А.И., Голозубов В.В., Горячев Н.А., Родионов С.М.* Геодинамические реконструкции и металлогения Востока России // *Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России* / под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 2. С. 880–897.
11. *Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М.* Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 2. М.: Недра, 1990. 334 с.
12. *Parfenov L.M.* Tectonics of Verkhoyansk-Kolyma Mesozoides in context of plate tectonics // *Tectonophysics*. 1991. Vol. 199. P. 319–342.
13. *Парфенов Л.М.* Тектоническая эволюция земной коры Якутии в контексте геодинамики севера Тихоокеанского обрамления и металлогенические пояса // *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)*. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика». 2001. С. 499–512.
14. *Беус В.А.* Возраст и геолого-петрохимические особенности метаморфических ортопород Приколымского докембрийского комплекса // *Региональная геодинамика и стратиграфия Азиатской части СССР*. Сборник научных трудов. СПб., 1992. С. 65–85.
15. *Парфенов Л.М., Оксман В.С., Прокопьев А.В., Тимофеев В.Ф., Третьяков Ф.Ф., Трунилина В.А., Дейкуненко А.В.* Коллаж террейнов Верхояно-Колымской орогенной области // *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)*. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. С. 199–255.
16. *Тектоника, магматические и метаморфические комплексы Колымо-Омолонского массива* / Гринберг Г.А., Гусев Г.С., Бахарев А.Г., Булгакова М.Д., Ипатьева И.С., Недосекин Ю.Д., Рукович В.Н., Соловьев В.И., Сурнин А.А., Третьяков Ф.Ф. М.: Наука, 1991. 359 с.
17. *Лычагин П.П., Мерзляков В.М., Терехов М.И.* Геология Алазейского плоскогорья // *Вопросы геологии срединных массивов Северо-Востока СССР*. Магадан, 1977. С.18–55.
18. *Иванов О.Н.* Геология Алазейского нагорья в связи с тектоническим районированием Северо-Востока СССР // *Принципы тектонического районирования*. Владивосток, 1975. С. 227–235.
19. *Булгакова М.Д.* Литологические особенности формационных комплексов позднего палеозоя–раннего мезозоя Верхояно-Чукотской складчатой области // *Литология и полезные ископаемые*. 1982. № 1. С. 55–66.
20. *Лычагин П.П.* Андезитовый вулканизм Алазейского плоскогорья (Северо-Восток СССР) // *Вулканология и сейсмология*, 1983. № 4. С. 53–61.
21. *Трунилина В.А., Роев С.П., Орлов Ю.С., Иванов А.И.* Магматизм хребта Тас-Хаяхта. Якутск: Изд-во ЯГУ, 2009. 135 с.
22. *Кропачев А.П., Стрельников С.И., Киселев А.А., Федорова Н.П.* Доордовикские офиолитокластиты Омuleвского поднятия (Северо-Восток СССР) // *Докл. АН СССР. Сер. Геол.*, 1987. Т. 292, № 4. С. 941–944.
23. *Гребенников Г.А., Работнов В.Т., Спектор В.Б.* К стратиграфии верхнего докембрия Селенянского кряжа // *Докембрий и палеозой Северо-Востока СССР*. Тезисы докладов межведомственного стратиграфического совещания. Магадан, 1974. С. 12.
24. *Дженкинс Х.К.* Пелагические фациальные обстановки // *Обстановки осадконакопления и фашии*. Т. 2. М.: Мир, 1990. С. 74–140.

25. *Натапов Л.М., Сурмилова Е.П.* Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист-54, 55 – Хонуу. Объяснительная записка. Л., 1986. 120 с.
26. *Оксман В.С., Суздальова Н.И., Краев А.А.* Деформационные структуры и динамические обстановки формирования пород Верхне-Индибирского района. Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2005. 204 с.
27. *Кузнецов В.М.* Особенности строения Сугойского синклинали и его положение в мезозоидах Северо-Востока СССР // Тихоокеанская геология. 1983. № 2. С. 105–109.
28. *Натапов Л.М., Шульгина В.С.* Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист Q-56,57 – Среднеколымск. Объяснительная записка. Л., 1991. 111 с.
29. *Индолев Л.Н.* Дайки рудных районов Восточной Якутии. М.: Наука, 1979. 196 с.
30. *Осипова З.В.* Литология верхнеюрского песчаникового комплекса Кондаковского плоскогорья // Новые данные по металлогении и геологическому строению Яно-Колымского междуречья. Л., 1972. С. 43–50.
31. *Натапов Л.М., Сурмилова Е.П.* Геологическая карта СССР. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист R-53-(55) Депутатский. Объяснительная записка. СПб., 1992. 105 с.
32. *Митчелл А.Х.Г., Рединг Х.Г.* Осадконакопление и тектоника // Обстановки осадконакопления и фации. Т. 2 / Под редакцией Х.Г. Рединга. М.: Мир, 1990. С. 227–283.
33. *Кузнецов В.М.* Верхнепалеозойские отложения восточного крыла Приколымского поднятия // Материалы по геол. и полезн. ископ. Северо-Востока СССР. Магадан: Кн. изд-во, 1980. Вып. 25. С. 3–9.
34. *Булгакова М.Д., Колодезников И.И.* Среднепалеозойский рифтогенез на Северо-Востоке СССР: осадконакопление и вулканизм. М.: Наука, 1990. 256 с.
35. *Натапов Л.М., Зоненшайн Л.П., Шульгина В.С., Сурмилова Е.П., Десярев В.С., Савосина А.К., Артемов А.В., Кац А.Г., Ставский А.П.* Геологическое развитие Колымо-Индибирского региона и проблема Колымского массива // Геотектоника. 1977. № 4. С. 18–31.
36. *Ingersoll R. V.* Tectonics of sedimentary basins, with revised nomenclature // Tectonics of sedimentary basins: Recent Advances / Edited by Cathy Busby and Antonio Azor. Blackwell Publishing Ltd, 2012. P. 3–43.
37. *Константиновский А.А.* Древние глыбы в юрских отложениях хребта Черского (Северо-Восток СССР) // Геотектоника. 1975. № 6. С. 61–67.
38. *Терехов М.И., Дылевский Е.Ф.* Геология хребта Арга-Тас. Препринт. Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1988. 49 с.
39. *Архипов Ю.В., Агафонов Г.Е., Сонин Г.С.* Олистохромы Улахан-Тасского горст-антиклинария // Бюллетень научно-технической информации. Вопросы региональной и нефтяной геологии Якутии / ЯФ СО АН СССР. Якутск, 1980. С. 17–20.
40. *Гедько М.И.* Уяндино-Ясачненская позднеюрская островная дуга (северо-восток СССР) // Геотектоника. 1988. № 3. С. 88–100.
41. *Сурнин А.А.* Позднеюрские ультраосновные и основные комплексы Колымского массива. Новосибирск: Наука, 1990. 160 с.
42. *Дылевский Е.Ф.* Зональность Уяндино-Ясачненского вулканического пояса и его тектоническая природа (северо-восток Азии) // Геотектоника. 1994. № 4. С. 52–62.
43. *Акинин В.В., Прокопьев А.В., Торо Х., Миллер Э.Л., Вуден Д., Горячев Н.А., Альшевский А.В., Бахарев А.Г., Трунилина В.А.* U-Pb-SHRIMP-возраст гранитоидов Главного батолитового пояса (Северо-Восток Азии) // Докл. РАН. 2009. Т. 426, № 2. С. 216–221.

Поступила в редакцию 25.02.2022

Поступила после рецензирования 24.03.2022

Принята к публикации 14.04.2022

Об авторе

ТРЕТЬЯКОВ Феликс Филаретович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт геологии алмаза и благородных металлов, Сибирское отделение Российской академии наук, 677980, Якутск, пр. Ленина, 39, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-6087-6408>, e-mail: tretyakov_ff@mail.ru

Для цитирования

Третьяков Ф.Ф. Тектоника Верхояно-Колымской системы мезозоид (Восточная Якутия) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2022, Т. 27, № 2. С. 181–194. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-2-181-194>

Tectonics of the Verkhoyansk-Kolyma mesozoid system (Eastern Yakutia)

F.F. Tretyakov

*Diamond and Precious Metals Geology Institute SB RAS, Yakutsk, Russia
tretyakov_ff@mail.ru*

Abstract. In this paper we propose the model of transformation of the Yakut Marginal Sea (YMS) into the orogenic Verkhoyansk-Kolyma mesozoid system (VKMS). The model is indicated in general terms and is undoubtedly a subject to further research. We have established similarity of the structure and formation of the YMS to the modern Japan marginal sea. In the late Mesozoic the VKMS was formed through the mini-subduction of the YMS oceanic crust beneath the island arc and microcontinent with the closure of small ocean basins, along with the collision of the YMS crustal blocks with Siberian continent. The marginal sea model allows us to claim that the major tectonic structures of the Verkhoyansk-Kolyma and Novosibirsk-Chukotka folded mesozoic systems of the Northeast Russia are in fact structural elements of different cratons: the North Asian and North American cratons. Moreover, formation of the systems occurred on different sides of the convergent boundary of the southern Proto-Arctic. Thus, the collisional (marginal sea) Verkhoyansk-Kolyma border was formed in the rear zone of the border, and the accretionary Novosibirsk-Chukotka border was formed in its frontal part.

Keywords: Yakut marginal sea, small ocean, «sleep» mode, minisubduction, convergent boundary, Verkhoyansk-Kolyma mesozoid system

Acknowledgements. The research was carried out as part of the scientific work of the Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS (number FUEM-2019-0001(0381-2019-0001)) and funded by the Russian Foundation for Basic Research (project number 19-05-009 45).

References

1. Cehov A.D. Tectonicheskaya evolusia Severo-Vostoka Asia (okrainnomorskaya model). M.: Nauchny mir, 2000. 204 p.
2. Sokolov S.D., Didenko A.P., Grigoriev V.N., Aleksutin M.V., Bondarenko G.E., Krylov K.A. Paleotectonicheskie rekonstrukcii severo-vostoka Rossia: problems i neopredelennosti // Geotectonica. 1997. No. 6. P. 72–90.
3. Bondarenko G.E. Tektonika i geodinamicheskaya evolusiya mezozoid severnogo obramlenia Tihogo okeana. Avtoref. dis. dokt. geol.-min. nauk. M.: MGU, 2004. 46 p.
4. Sokolov S.D. Oчерk tektoniki Severo-Vostoka Azii // Geotektonika. 2010. No. 6. P. 60–78.
5. Parfenov L.M. Terrany i istoria formirovaniya mezozoiskih orogennih pojasov Vostochnoi Yakutia // Tihookeanskaya geologia. 1995. Vol. 14, No. 6. P. 32–43.
6. Oksman V.S. Tektonika kollizionnogo poyasa Cherskogo (Severo-Vostok Azii). M.: GEOS, 2000. 269 p.
7. Tretyakov F.F. Nekotory aspektы stroeniya konsolidirovannoy kory Vtrkhoynkogo skladchato-nadvigovogo poysa // Otechestvennaya geology. 2017. No. 5. P. 116–122.
8. Gusev G.S., Gaiduk V.V., Bulgakova M.D., Fradkin G.S., Brahfogel F.F. Srednepaleozoiskiy (verkhneg-ersinsky) megakomplex // Struktura i evolusia zemnoi kori Yakutia. M.: Nauka, 1985. P. 89–117.
9. Merzlykov V.M., Terehov M.I. Sredinnie massivi Severo-Vostoka SSSR // Tektonika sredinnih massivov. M.: Nauka, 1976. P. 37–42.
10. Hanchuk A.I., Golozubov V.V., Gorychev N.A., Rodionov S.M. Geodinamicheskie rekonstrukcii i metallogenia Vostoka Rossii // Geodinamika, magmatizm i metallogenia Vostoka Rossii. Vladivostok: Dalnyauka, 2006. Kniga 2. P. 880–897.
11. Zonenshain L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. Tektonika litosfernh plit territorii SSSR. Kniga 2. M.: Nedra, 1990. 334 p.
12. Parfenov L.M. Tectonics of Verkhoyansk-Kolyma Mesozoides in context of plate tectonics // Tectonophysics. 1991. Vol. 199. P. 319–342.
13. Parfenov L.M. Tectonicheskay evolucia zemnoi koru Yakutii v kontekte geodinamiki severa Tihookeanskogo obramlenia i metallogenicheskie poysa // Tektonika, geodinamika i metallogenia territorii Respubliki Caha (Yakutia). M.: MAIK «Nauka/Interoeriodika», 2001. P. 499–512.
14. Beus V.A. Vozrast i geologo-petrohimicheskie osobennosti metamorficheskikh ortoporod Prikolymnskogo

dokembriiskogo kompleksa // Regionalnaya geodinamika i stratigrafia Aziatskoi chasti SSSR. Sbornik nauchnih trudov. L., 1992. P. 65–85.

15. *Parfenov L.M., Oksman V.S., Prokopiev A.V., Timofeev V.F., Tretyakov F.F., Trunilina V.A., Deikunenko A.V.* Collage terreinov Verkhoyano-Kolymskoi orogennoi oblasti // Tectonika, geodinamika i metallogenia territorii Respublicy Sakha (Yakutia) / *Otv. Red. L.M. Parfenov, M.I. Kuzmin.* M.: MAIK «Nauka/Interperiodika», 2001. P. 199–255

16. *Tektonika*, magmaticheskie i metamorficheskie kompleksi Kolimo-Omolonskogo massiva / *Grinberg G.A., Gusev G.S., Baharev A.G. i drugie.* M.: Nauka, 1991. 359 p.

17. *Lichagin P.P., Merzliakov V.M., Terehov M.I.* Geologia Alazeiskogo ploskogoria // *Voprosi geologii sredninih massivov Severo-Vostoka SSSR.* Magadan, 1977. P. 18–55.

18. *Ivanov O.N.* Geologia Alazeiskogo nagoria v sviazi s geologicheskim raionirovaniem Severo-Vostoka SSSR // *Printsiipi tektonicheskogo raionirovaniya.* Vladivostok, 1975. P. 227–235.

19. *Bulgakova M.D.* Litologicheskie osobennosti formacionnih kompleksov pozdnego paleozoa-rannego mezozoa Verhoyna-Chukotskoi skladchatoi oblasti // *Litologia i poleznie iskopaemie.* 1982. No. 1. P. 55–66.

20. *Lichagin P.P.* Andezitovii vulkanizm Alazeiskogo ploskogoria (Severo-Vostok SSSR) // *Vulkanologiya i seismologiya.* 1983. No. 4. P. 53–61.

21. *Trunilina V.A., Roev S.P., Orlov J.S., Ivanov A.I.* Magmatizm hrebta Tas-Hayhtah. Yakutsk: Izd-vo YGU, 2009. 135 p.

22. *Kropachev A.P., Strelnikov S.I., Kiselev A.A., Fedorova N.P.* Dordovikskie ofiolitoklastiti Omulevskogo podnyatia (Severo-Vostok SSSR) // *Dokl. AN SSSR. Ser. Geol.* 1987. Vol. 292. No. 4. P. 941–944.

23. *Grebennikov G.A., Rabotnov V.T., Spektor V.B.* K stratigrafii verhnego dokembria Selennyhskogo kryga // *Dokembrii i paleozoi Severo-Vostoka SSSR.* Tezisi dokladov megvedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya. Magadan, 1974. P. 12.

24. *Dgenkins H.K.* Pelagicheskie facialnie obstanovki // *Obstanovki osadkonakopleniya i facii.* Vol. 2. M.: Mir, 1990. P. 74–140.

25. *Natapov L.M., Surmilova E. P.* Geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:1000000 (novaya seria). List – 54,55. Honuu. Obyasnitelnyya zapiska. L., 1986. 120 p.

26. *Oksman V.S., Suzdalova N.I., Kraev A.A.* Deformacionnie strukturi i dinamicheskie obstanovki formirovaniya porod Verhne-Indigirskogo raiona. Yakutsk: Izd-vo YNC SO RAN, 2005. 204 p.

27. *Kuznecov V.M.* Osobennosti stroeniya Sugoiskogo sinklinoria i ego pologenie v mezozoidah Severo-Vostoka SSSR // *Tihookeanskaya geologia.* 1983. No. 2. P. 105–109.

28. *Natapov L.M., Shulgina V.S.* Geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:1000000 (novaya seria). List Q-56,57. Srednekolimsk. Obyasnitelnyya zapiska. L., 1991. 111 p.

29. *Indolev K.N.* Daiki rudnih raionov Vostochnoi Yakutii. M.: Nauka, 1979. 196 p.

30. *Osipova Z.V.* Litologia verkhejurskogo peschanikovogo kompleksa Kondakovskogo ploskogoria // *Novye dannye po metallogenii i geologicheskomy stroeniju Yano-Kolymskogo mezhdurechia.* L., 1972. P. 43–50.

31. *Natapov L.M., Surmilova E.P.* Geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:1000000 (novaya seriya). List R-53-(55) Deputatsky. Obyasnitelnyya zapiska. SPb., 1992. 105 p.

32. *Mitchell A.H.G., Reding H.G.* Osadkonakoplenie i tektonika // *Obstanovki osadkonakopleniya i facii.* Vol. 2. M.: Mir, 1990. P. 227–283.

33. *Kuznecov V.M.* Verhnepaleozoiskie otlogeniya vostochnogo krila Prikolimskogo podnyatia // *Materiali po geol. i polezn. iskop. Severo-Vostoka SSSR.* Magadan: Kn. izd-vo. 1980. Iss. 25. P. 3–9.

34. *Bulgakova M.D., Kolodeznikov I.I.* Srednepaleozoiski riptogenezy na Severo-Vostoke SSSR: osadkonakoplenie i vulkanizm. M.: Nauka, 1990. 256 p.

35. *Natapov L.M., Zonenshain L.P., Shulgina V.S., Surmilova E.P., Degtyarev V.S., Savosina A.K., Artemov A.V., Kats A.G., Stavsky A.P.* Geologicheskoe razvitie Kolyimo-Indigirskogo regiona i problema Kolymskogo massiva // *Geotektonika.* 1977. No. 4. P. 18–31.

36. *Ingersoll R.V.* Tectonics of sedimentary basins, with revised nomenclature // *Tectonics of sedimentary basins: Recent Advances.* / Edited by Cathy Busby and Antonio Azor. Blackwell Publishing Ltd, 2012. P. 3–43.

37. *Konstantinovskiy A.A.* Drevnye glubi v jurskikh otlogeniakh khrebta Chersky (Severo-Vostok SSSR) // *Geotektonika.* 1975. No. 6. P. 61–67.

38. *Terehov M.I., Dilevskiy E.F.* Geologia hrebta Arga-Tas. Preprint. Magadan: SVNKII DVO AN SSSR, 1988. 49 p.

39. *Arhipov J.V., Agafonov G.E., Sonin G.S.* Olivostromi Ulahan-Tasskogo gorst-antiklinoria // *Bull. nauchn.-tehn. informatsii. Voprosi regionalnoi i neftynoi geology Yakutia.* YF SO AN SSSR. Yakutsk, 1980. P. 17–20.

40. *Gedko M.I.* Uyndino-Yasachnenskaya pozdnejrskaya ostrovnaya duga (severo-vostok SSSR) // *Geotektonika.* 1988. No. 3. P. 88–100.

41. *Surnin A.A.* Pozdnejrskie ultraosnovnie i osnovnie kompleksi Kolymskogo massiva. Novosibirsk: Nauka, 1990. 160 p.

42. *Dilevskiy E.F.* Zonalnost Uyandino-Yasachnenskogo vulkanicheskogo poyasa i ego tectonicheskaya priroda // *Geotektonika.* 1994. No. 4. P. 52–62.

Ф.Ф. ТРЕТЬЯКОВ

43. Akinin V.V., Prokopiev A.V., Toro H., Miller E.K., Wuden Dg., Gorychev N.A., Alshevsky A.V., Bakharev A.G., Trunilina V.A. U-PB SHRIMP-voznrast granitoidov Glavno- go batolitovogo poysa (SeveroVostok Asia) // Dokl. RAN. 2009. Vol. 426, No. 2. P. 216–221.

Submitted 25.02.2022

Revised 24.03.2022

Accepted 14.04.2022

About the author

TRETYAKOV, Felix Filaretovich, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), senior researcher, Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 39 Lenina pr., Yakutsk, 677980, Russia,
<https://orcid.org/0000-0003-3911-2491>, e-mail: tretyakov_ff@mail.ru

For citation

Tretyakov F.F. Tectonics of the Verkhoyansk-Kolyma mesozoid system (Eastern Yakutia) // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2022, Vol. 27, No. 2. P. 181–194. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-2-181-194>