

ГЕОЛОГИЯ

GEOLOGY

УДК 551.242

**ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПРИРОДА И МОДЕЛИ СТАНОВЛЕНИЯ ОФИОЛИТОВЫХ
АЛЛОХТОНОВ В СТРУКТУРЕ АККРЕТИРОВАННЫХ ОСТРОВОДУЖНЫХ
СИСТЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ОБРАМЛЕНИЯ ТИХОГО ОКЕАНА**

В.Д. ЧЕХОВИЧ, А.Н. СУХОВ

*Геологический институт РАН
7, Пыжевский пер., г. Москва 119017, Россия
e-mail: vadimchekhovich@mail.ru*

Геодинамическая природа офиолитов Камчатки и Южной Корякии рассмотрена на базе модели раскола внутриокеанической островной дуги и последовательной аккреции её тыловой и фронтальной частей к континентальной окраине Северо-Восточной Азии. Выделены надсубдукционные офиолиты тыловодужного, преддугового и междугового происхождения, и лишь в единственном случае — офиолиты чисто океанической природы. Разработаны модели становления надсубдукционных офиолитов: тыловодужных — в результате коллапса (закрытия) окраинного бассейна, преддуговых — за счёт «выталкивания» из преддугового бассейна; междуговых — при сгущивании коры новообразованного бассейна до начала её субдукции. Становление чисто океанических офиолитов явилось результатом скользящей аккреции вдоль сдвига в краевой части Олюторского складчатого сооружения при повороте океанической плиты Тихоокеанской 47 млн. лет тому назад.

Ключевые слова: офиолиты; островные дуги; субдукция; аккреция.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-2-5-11

**GEODYNAMIC SETTING AND MODELS OF THE EMPLACEMENT OF OPHIOLITIC
ALLOCHTHONS IN THE STRUCTURE OF ACCRETED ISLAND ARCS
OF THE PACIFIC NORTH-WESTERN FRAMING**

V.D. CHEKHOVICH, A.N. SUKHOV

*Geological Institute of the Russian Academy of Sciences
7, Pyzhevsky street, Moscow 19017, Russia
e-mail: vadimchekhovich@mail.ru*

Based on the model of an oceanic island-arc breakup followed by accretion of rear and frontal parts of an arc to a continental margin of North-East Asia, the geodynamic nature of the ophiolites of Kamchatka and South Koryakia has been considered. The suprasubduction zone (SSZ) ophiolites originated in back-arc, fore-arc and intra-arc settings have been distinguished, and ophiolites of an ocean type have been distinguished only in one locality. The models of a SSZ ophiolites origin have been proposed. The emplacement of back-arc ophiolites has been supposed to be a result of the collapse (a closure) of a marginal basin, the emplacement of fore-arc ophiolites has been thought to be caused by their “pushing out” from a fore-arc basin, and the emplacement of the intra-arc basin ophiolites has been ascribed to a piling up of a newly formed basin crust before the beginning of the subduction. The emplacement of the ocean-type ophiolite in the front of the Olyutorsky folded structure has been attributed to a sliding accretion along the strike-slip fault movement related to the change in the motion direction of the Pacific plate 47 Ma ago.

Keywords: ophiolites; island arcs; subduction; accretion.

Работа вписывается в общую фундаментальную проблему интерпретации и моделирования становления офиолитовых аллохтонов, возникших в результате коллизии дуга—континент. Обоснованно выделяемые тетический и кордильерский типы офиолитов [15] характеризуются свойственным им структурным положением и моделями становления. *Тетический тип* связан с процессом *коллизии континент—дуга — континент*, а причиной появления *кордильерского типа* является *аккреция на окраине континента*. К кордильерскому типу относят и офиолиты Камчатки и Корякского нагорья [15]. Подобное в целом справедливо для офиолитовых аллохтонов Олюторской зоны Корьякии и Восточной Камчатки, однако их геодинамическая природа весьма разнообразна, а становление связано со сложными процессами, как геодинамики формирования островных дуг, так и их аккреции [1, 4, 5, 13]. Именно эти процессы рассматриваются в данной работе.

Геодинамика формирования островодужных террейнов Восточной Камчатки и Южной Корьякии

Проблема возникновения и развития позднемеловых и позднемел-палеогеновых внутриокеанических островных дуг, образования которых слагают в современной структуре Южной Корьякии и Восточной Камчатки аккрецированные террейны, на протяжении полутора последних десятилетий активно обсуждалась в печати [3, 4, 8, 9, 13, 14]. В пределах Южной Корьякии и Восточной Камчатки островодужные террейны позднемелового и позднемел-палеогенового возрастов характеризуются параллельной ориентировкой. Позднемеловые островодужные террейны — Олюторский и Восточных хребтов Камчатки (Восточно-Камчатский) в современной структуре совмещены по Палано-Озерновской трансформной зоне (рис. 1). Аккреция этих террейнов к континенту произошла в раннем эоцене с небольшим разрывом во времени [8, 13]. Позднемел-палеогеновые террейны (Говенский в Южной Корьякии и Кроноцкий Восточных полуостровов Камчатки) были аккрецированы в миоцене [8, 13]. При этом активный вулканизм островных дуг разных возрастов, как ни странно, завершился за несколько миллионов лет до столкновения дуг с континентальной окраиной [13]. Главная задача реконструкций состояла в обосновании взаимно параллельной аккреции островодужных террейнов. Вблизи фронта надвига позднемелового Олюторского террейна (Ватыно-Вывентский надвиг) на всем его протяжении были установлены изолированные поля развития базальтов MORB-типа [1, 5, 13]. Возраст этих базальтов последовательно омолаживается от альб-туронского до кампан-маастрихтского, что может интерпретироваться как раскрытие бассейна с океани-

ческим типом коры. Геохимический анализ образцов этих базальтов показывает наличие Nb-Ta минимума, что характерно для базальтов задуговых бассейнов [4]. Таким образом, можно предполагать, что в коньяк-кампанское время существовал латеральный ряд — задуговой бассейн—островная дуга—океан. Субдуцируемая океаническая кора принадлежала, судя по последним реконструкциям, плите Изанаги [16]. Развитие палеоцен-миоценовых осадочных бассейнов (Ильпинско-Пахачинского в Олюторской зоне и Тюшевского на Восточной Камчатке), разделявших позднемеловые островодужные террейны от позднемел-палеогеновых, позво-

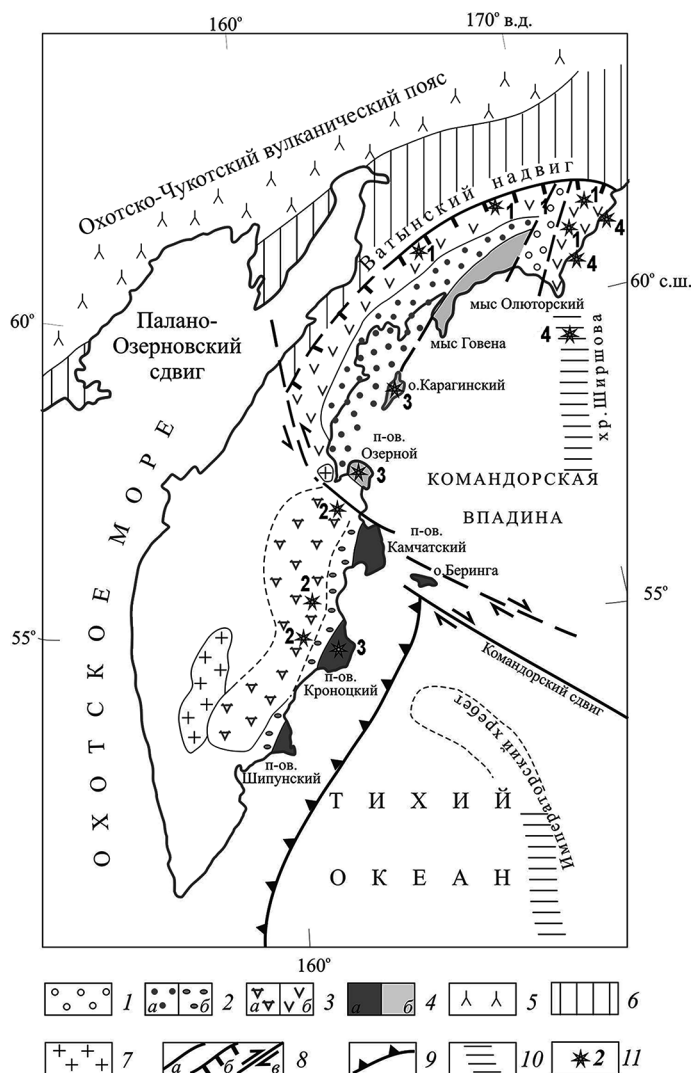


Рис. 1. Схема местоположения офиолитовых аллохтонов в аккрецированных островодужных террейнах Камчатки и юга Корьякского нагорья: 1 — рыхлые четвертичные отложения Апуцкого грабена; 2 — кайнозойские междугубые бассейны: Ильпинско-Пахачинский (а), Тюшевский (б); 3 — верхнемеловые островодужные террейны: Восточно-Камчатский (а), и Олюторский (б); 4 — палеогеновые островодужные террейны: Кроноцкий (а), Говенско-Карагинский (б); 5 — альб-кампанский Охотско-Чукотский вулканический пояс; 6 — позднемезозойская окраина Азии; 7 — мезозойские метаморфизованные толщи Срединного хребта Камчатки; 8 — разломы (а), надвиги (б), сдвиги (в); 9 — зона субдукции; 10 — подводные хребты; 11 — офиолитовые аллохтоны: 1-4 — надсубдукционные: 1 — тыловодужные, 2 — междугубые, 3 — преддуговые; 4 — океанические

ляет рассматривать их как междуговые [12]. По геохимическим и изотопным данным вулканы позднемеловых террейнов (Восточных хребтов Камчатки и Олюторского) были сформированы в тыловой части дуги [10], а вулканы позднемеловых (Кроноцкого и Говенского) террейнов соответствуют формированию во фронтальной части позднемеловой дуги [6]. Эти фактические данные позволяют считать, что в палеоцене произошел раскол позднемеловых дуг с раскрытием междуговых бассейнов, ограниченных с северо-запада неактивными островодужными сооружениями, а с юго-востока — действующими островными дугами [12, 13] (рис. 2). Модель раскола позднемеловых дуг с одной стороны, логично объясняет причину завершения вулканизма Олюторской и Восточно-Камчатской дуг ещё до их столкновения с континентом и, с другой стороны, параллельную ориентировку в современной структуре разновозрастных аккрецированных островодужных террейнов. Именно с позиций этой модели будут рассмотрены как геодинамическая природа офиолитов, так и модели их становления в структуре аккрецированных островодужных террейнов Камчатки и Олюторской зоны.

Геодинамическая природа офиолитовых аллохтонов

Офиолитовые аллохтоны в структуре Олюторского островодужного террейна образуют три территориально разобнесенные зоны и различаются по составу слагающих их породных ассоциаций. *Первая зона* офиолитовых аллохтонов представлена базальтами, выделяемыми как образования гытгинского комплекса [5]. Она отмечается вблизи фронта Ватынского надвига верхнемеловых островодужных толщ в Олюторской зоне и на Камчатском перешейке, слагая тектонические окна и пластины базальтов океанического типа. Эти базальты изучены в районах озер Гытгын и Эпильчик, на южном побережье бухты Анастасия и в центральной части Олюторского хребта (бассейн р. Ничакваям). Базальты этого комплекса представлены в основной своей массе низкщелочными, умеренно титанистыми толеитами, и несут в своем составе признаки, указывающие на их образование в надсубдукционной обстановке [5]. Вероятно, их формирование началось в альб-туронское время в условиях спрединга образующегося окраинного бассейна и продолжалось, судя по имеющимся микропалеонтологическим определениям [13], на протяжении почти всего позднего мела. Факт разброса возраста базальтов океанического типа от альба-турона до кампана, косвенно указывает на их формирование в окраинном бассейне ограниченного размера. Однако никаких других пород, обычно представляющих офиолитовую ассоциацию, также как часто сопровождающие офиолито-

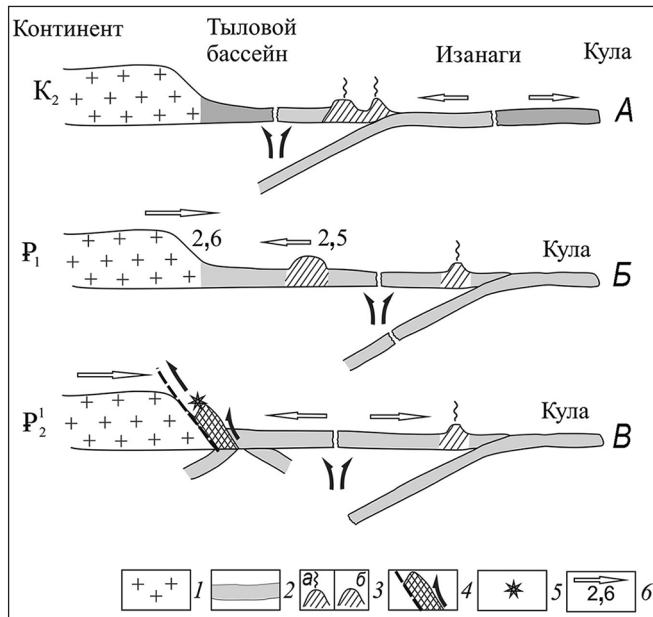


Рис. 2. Модель раскола внутриокеанической островной дуги (А, В) и коллапса (закрытия) тылового бассейна (В), приведшего к появлению тыловодужных офиолитовых аллохтонов: 1 — континентальная окраина; 2 — океаническая литосфера; 3 — островные дуги: активные (а), пассивные (б); 4 — аккрецированные островодужные террейны; 5 — офиолитовые аллохтоны; 6 — направление движения литосферных плит и их скорость (см/год)

вые аллохтоны метаморфические комплексы, в описываемой зоне не встречено. *Вторая офиолитовая зона* тесно связана с аллохтонным по отношению к верхнемеловым островодужным толщам терригенным матриксом, который распространён непосредственно вдоль границы Алеутской океанической котловины с Олюторским островодужным террейном на протяжении более 120 км [2]. Тонкообломочный терригенный матрикс по возрасту относится к маастрихту. Геохимические характеристики и отсутствие вулканокластических компонентов в терригенном матриксе позволяют сопоставлять его с осадками океанического чехла [2]. Среди базальтов выделяются три геодинамических типа: N-MORB коньяк-кампанского возраста (собственно офиолитовый тип), базальты типы OIB и T-MORB, не имеющие точной возрастной привязки, а также щелочные океанические базальты кампанского возраста, слагающие самостоятельный блок Олюторского п-ова. Базальты типа OIB формируют многочисленные, ориентированные в субмеридиональном направлении, достаточно крупные олистолиты в терригенном матриксе, а базальты T-MORB слагают маломощные эффузивные прослои. Базальты N-MORB входят в состав отдельных тектонических пластин, содержащих прослои яшмовидных кремней. Несмотря на различия в геодинамической природе, все вышеупомянутые типы океанических базальтов по изотопно-геохимическим характеристикам сопоставляются с базальтами Пацифики аналогичной геодинамической принадлежности. Важным обстоятельством является бли-

зость возраста базальтов N-MORB (собственно офиолитовой природы) и базальтов иной геодинамической принадлежности, что может свидетельствовать о том, что они формировались в пределах одной океанической плиты. Полученные данные позволяют сделать вывод, что как терригенный матрикс, так и океанические базальты, скорее всего, принадлежат меловой плите Кула (или Изанаги). *Третья зона распространения пород офиолитовой ассоциации* расположена существенно южнее, протягиваясь от о. Карагинского на севере к п-ову Озёрной. В пределах этой зоны преобладают аллохтонные пластины и блоки перидотитов, полосчатых и массивных габбро и отчётливые поля пород дайкового комплекса. Наиболее крупные выходы представляют собой синформы, ядра которых сложены серпентинизированными гарцбургитами, а в лежащем и висячем боках располагаются породы комплекса параллельных даек и серпентинитовый меланж. Эти образования формируют тектонические покровы как на меловом основании Говенской палеогеновой островной дуги, так и на складчатых терригенных толщах преддугового бассейна. Более мелкие тела перидотитов с серпентинитовым меланжем в лежащем боку формируют многочисленные тектонические линзы в аккреционной структуре толщ преддугового бассейна [4, 13]. Возраст этой ассоциации определяется по датированию цирконов методом U/Pb SHRIMP, как кампанский (76—72 млн. лет) [11]. В основании аллохтонных блоков и пластин иногда присутствуют метаморфические породы от зеленосланцевой и амфиболитовой (о. Карагинский) до гранат-амфиболитовой (п-ов Озёрной). По данным И. Кравченко-Бережного [4], эта офиолитовая ассоциация имеет признаки надсубдукционного происхождения. Структурное положение этих офиолитовых аллохтонов, западным «ограничением» которых являются верхнемеловые вулканогенно-кремнистые толщи фундамента Говенской палеогеновой дуги, и их присутствие на разных стратиграфических уровнях терригенных толщ палеогенового преддугового бассейна, позволяет достаточно обоснованно относить офиолитовый комплекс о. Карагинского к преддуговому типу. Вероятно, к этому же типу относятся офиолиты на Кроноцком п-ове, которые расположены между позднемеловым островодужным основанием и палеогеновыми вулканами Кроноцкого террейна.

Офиолитовые аллохтоны в пределах Восточно-Камчатского островодужного террейна распространены главным образом в хребте Кумроч и в меньшей мере хребте Валагинский [11, 13]. Отмечаются два типа офиолитовых аллохтонов. *Первый тип*, наиболее ярко выраженный, представлен главным образом серпентинитовым меланжем, который слагает значительные площади в хребте Кумроч. В составе меланжа присутствуют все состав-

ляющие офиолитовой триады. Считается, что поле офиолитового меланжа образует субгоризонтальный тектонический покров на верхнемеловых-датских складчатых комплексах Восточно-Камчатского островодужного террейна и чешуйчатых структурах толщ междугового бассейна. *Второй тип* целиком ассоциируется с исключительно сложно построенной и недостаточно изученной Ветловской тектонической зоной, сложенной в основном палеоценовыми и нижнеэоценовыми терригенными, терригенно-кремнистыми, иногда кремнисто-карбонатными осадочными толщами, среди которых встречаются (на площади практически не закартированные) блоки раннеэоценовых базальтов океанической природы [1]. Структурное положение Ветловской зоны между аккрецированными в раннем эоцене верхнемеловыми комплексами Восточно-Камчатского островодужного террейна и палеогеновыми вулканогенными комплексами Кроноцкого террейна, аккрецированного в среднем миоцене, позволяет рассматривать нижнеэоценовые океанические базальты Ветловской зоны как фрагменты раскрывавшегося в палеогене междугового бассейна с океанической корой.

Модели становления верхнемеловых офиолитовых аллохтонов

А. Тыловодужные офиолиты. Имеющиеся данные показывают, что Олюторская островная дуга превратилась в пассивное сооружение в датском веке, что привело к завершению раскрытия тыловодужного бассейна. Кора этого бассейна начала испытывать двустороннее давление — с севера со стороны Евразийского континента, перемещавшегося в это время на юго-запад со скоростью 2,6 см/год [3], и со стороны пассивного сооружения островной дуги, что определялось расширением междугового бассейна, скорость которого можно оценить в 2—3 см/год. Время между прекращением субдукции под Олюторскую дугу и её аккрецией к континенту составляет 8—10 млн. лет. Очевидно, что при мощности коры окраинного бассейна существенно меньшей, нежели мощность коры континентальной окраины, с одной стороны, и островной дуги — с другой, иного исхода, нежели коллапс и закрытие окраинного бассейна с частичным шарьированием океанической коры на континентальную окраину быть не могло [13] (рис. 2). Тыловодужные офиолиты (базальты) Олюторской зоны, как уже говорилось, выходят в тектонических окнах из под верхнемеловых аллохтонных островодужных толщ, создавая впечатление «подложки», по которой происходило их шарьирование. Лишь в одном случае (вблизи о. Эпильчик) на океанических базальтах отмечены остатки осадочного чехла, представленные чистыми кремнями и яшмами. Это обстоятельство отличает образования

тыловодужного бассейна Олюторской дуги от бассейна подобной же природы Восточно-Камчатской (Валагинской) дуги, в котором сохранён только чехол, представленный кремнисто-терригенно-туфогенным комплексом [7, 12].

Б. Офиолиты чисто океанической природы. Чисто океанические офиолиты (базальты N-MORB кампанского возраста), также как базальты OIB и T-MORB, находящиеся в осадочном матриксе океанического происхождения, по модели становления ассоциируются с кампанскими щелочными океаническими базальтами Олюторского п-ова и с кампанским океаническим фундаментом тектонического сооружения подводного хребта Ширшова [2, 13]. Все эти реликты верхнемеловой литосферной плиты Пацифики появились в краевой части Олюторского складчатого сооружения и на морфологическом продолжении Олюторского п-ова в результате скользящей аккреции вдоль сдвига при повороте океанической плиты Пацифики 47 млн. лет тому назад (рис. 3).

В. Офиолиты преддугового происхождения. Несомненность генетической связи офиолитов этого типа с преддуговым бассейном Говенско-Карагинской палеогеновой островной дуги определяется как их положением в современной структуре, которая охарактеризована выше, так и геохимическими признаками надсубдукционного происхождения. Модель «выталкивания» офиолитов из преддугового бассейна обосновывается тем, что, видимо, до середины эоцена под Говенско-Карагинской палеогеновой островной дугой, заложенной на верхнемеловом островодужном основании, поглощалась юрская или раннемеловая кора Пацифики. В конце эоцена к зоне субдукции придвинулась более молодая кора кампанского возраста. Это хорошо доказывается кампанским возрастом аккрецированных по сдвигу офиолитов чисто океанической природы. Эта кора по своим плотностным характеристикам оказалась близкой или, скорее, меньшей, нежели плотности верхнемелового вулканогенного фундамента Говенско-Карагинской островной дуги, что привело к временной невозможности субдукции кампанской океанической литосферы под литосферу верхнемелового основания палеогеновой дуги. Временное прекращение поглощения океанической коры привело к «выталкиванию» офиолитов как раз кампанского возраста в верхние горизонты литосферы, при этом контрфорсом для этого выталкивания служил верхнемеловой фундамент палеогеновой дуги, который и в современной структуре как бы ограничивает распространение офиолитов.

Г. Офиолиты междугового происхождения. Модель появления междуговых офиолитовых аллохтонов в островодужных комплексах Восточной Камчатки основана на идее сгруживания коры новообразо-

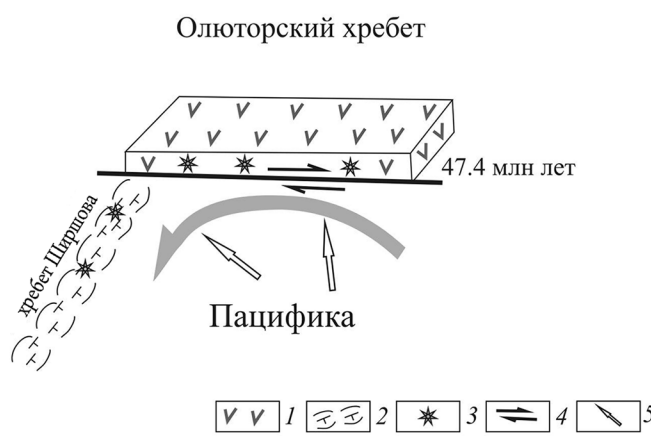


Рис. 3. Модель становления океанических офиолитовых аллохтонов: 1 — верхнемеловые вулканические толщи Олюторского хребта; 2 — надвиговое сооружение подводного хребта Ширшова; 3 — офиолитовые аллохтоны; 4 — сдвиг; 5 — изменение направления перемещения океанической плиты Пацифики 47, 4 млн. лет тому назад

ванного палеогенового междугового бассейна с формированием мегамеланжа Ветловской тектонической зоны [1] (рис. 4). Казалось бы, что подобный процесс должен был сопровождать столкновение Кроноцкой дуги, однако оно произошло значительно позднее деформаций в Ветловской зоне [13]. Кроноцкая дуга прекратила свое активное развитие в приабоне, следовательно, с этого времени вошла в состав расширявшейся Тихоокеанской плиты. В этом случае для компенсации

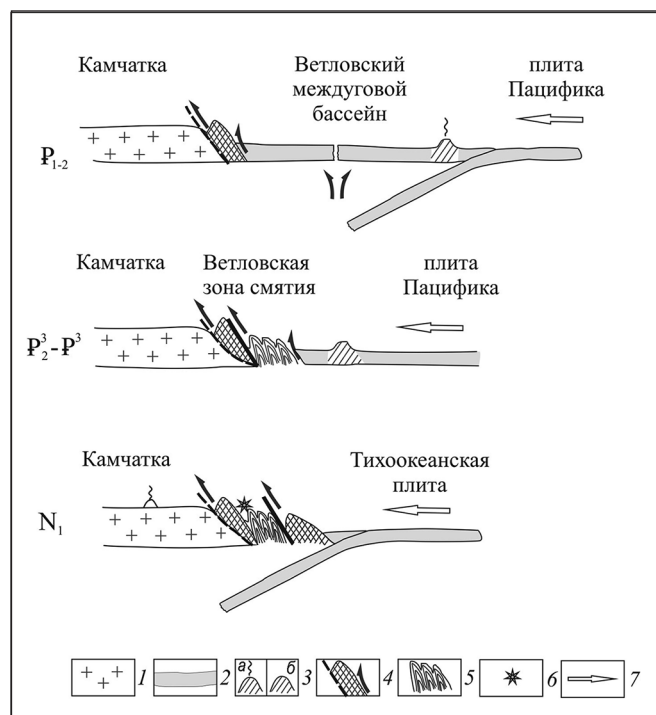


Рис. 4. Модель становления междуговых офиолитовых аллохтонов: 1 — континентальная окраина; 2 — океаническая литосфера; 3 — островные дуги: а — активные, б — пассивные; 4 — аккрецированные островодужные террейны; 5 — зона смятия Ветловского междугового бассейна; 6 — офиолитовые аллохтоны; 7 — направление перемещения литосферных плит

расширения в это же время должно было начаться поглощение молодой океанической коры междугового бассейна и формирование окраинно-континентальных вулканических комплексов на Камчатке. Однако их появление в Срединном хребте началось (самое раннее) в конце олигоцена. Поскольку фактические данные не позволяют подобным образом решить проблему, становится необходимым предположить возможные процессы компенсации перемещения Тихоокеанской плиты. В качестве такого процесса была предложена идея сгуживания молодой коры междугового бассейна, которая по причине своей «лёгкости» не могла сразу субдуцироваться. Таким образом, процесс компенсации выразился в формировании предсубдукционного мегамеланжа Ветловской тектонической зоны [13]. Серпентинитовый меланж в силу своей исключительной подвижности был «выплеснут» несколько западнее собственно Ветловской зоны в пределы хребта Кумроч.

Выводы

Верхнемеловые офиолитовые аллохтоны в образованиях аккретированных островных дуг северо-западного обрамления Тихого океана могут быть отнесены к *кордильерскому* типу. *Различия в геодинамике формирования* позволяет выделять:

надсубдукционные офиолиты тыловодужного, преддугового и междугового происхождения, и лишь в единственном случае — *офиолиты чисто океанической природы*. Предлагаемые модели становления офиолитовых аллохтонов: а) для тыловодужных офиолитов разработана модель коллапса (закрытия) окраинного бассейна, в) для преддуговых офиолитов предложена модель их «выталкивания» из преддугового бассейна вследствие невозможности субдукции кампанской океанической литосферы под литосферу верхнемелового основания палеогеновой дуги; г) появление междуговых офиолитовых аллохтонов основано на идее сгуживания коры новообразованного бассейна при невозможности поглощения его относительно «лёгкой» океанической коры. Чисто океанические офиолиты (базальты N-MORB) появились в краевой части Олюторского складчатого сооружения в результате скользящей аккреции вдоль сдвига при повороте океанической плиты Пацифики 47 млн. лет тому назад.

Базовое финансирование сотрудников ГИН РАН проводилось за счет субсидии по теме 0135-2016-0022 «Геодинамические аспекты структурообразующих, магматических и осадочных процессов в палеозойско-мезозойской истории северо-западного сектора Тихоокеанского пояса».

ЛИТЕРАТУРА

1. Аккреционная тектоника Восточной Камчатки. М.: Наука, 1993. 272 с.
2. Богданов Н.А., Гарвер Дж. И., Чехович В.Д., Палечек Т.Н., Леднева Г.В., Соловьев А.В., Коваленко Д.В. Обстановки формирования флишоидно-олистостромового комплекса западного побережья Алеутской глубоководной впадины // Геотектоника. 1999. № 5. С. 52–66.
3. Вержбицкий Е.В., Кононов М.В. Генезис литосферы северной части мирового океана. М.: Научный мир, 2010. 478 с.
4. Геология западной части Беринговоморья. М.: Наука, 1990. 158 с.
5. Геология юга Корякского нагорья. М.: Наука, 1987. 168 с.
6. Коваленко Д.В., Ставрова О.О. Пространственное распределение и геодинамические типы источников позднемеловых-раннепалеоценовых магматических комплексов Камчатки (палеомагнитные и изотопно-геохимические данные) // Доклады Академии наук. 2008. Т. 420. № 2. С. 221–224.
7. Константиновская Е.А. Камчатское позднемеловое окраинное море // Литология и полезн. ископаемые. 1997. № 1. С. 59–78.
8. Соловьев А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит: методы трекового и структурного анализа. М.: Наука, 2008. 318 с. (Тр. ГИН РАН. Вып. 577).
9. Ставский А.П., Чехович В.Д., Кононов М.В., Зоненшайн Л.П. Палинспастические реконструкции Анадырско-Корякского региона // Геотектоника. 1988. № 6. С. 32–42.
10. Сухов А.Н., Цуканов Н.В., Беляцкий Б.В., Рукавишников Д.Д. Вулканические комплексы тыловой части позднемеловой Ачайваим-Валагинской палеодуги в структуре хребта Кумроч (Восточная Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2016. № 4. С. 20–34.
11. Тарарин И.А., Бадрединов, Чубаров В.М. Петрология и рудоносность метаморфических и магматических комплексов Центральной и Восточной Камчатки. Владивосток: Дальнаука, 2015. 302 с.
12. Чехович В.Д., Сухов А.Н. Раскол позднемеловой Ачайваим-Валагинской вулканической дуги в палеоцене (террейны Южной Корякии и Восточной Камчатки) // Докл. Академии наук. 2006. Т. 409. № 5. С. 658–661.
13. Чехович В.Д., Сухов А.Н., Кононов М.В., Паланджян С.А. Геодинамика северо-западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса в позднемеловое-раннепалеогеновое время // Геотектоника. 2009. № 4. С. 37–62.
14. Шапиро М.Н. Позднемеловая Ачайваим-Валагинская дуга (Камчатка) и кинематика плит Северной Пацифики // Геотектоника. 1995. № 1. С. 58–70.
15. Dilek Y., Furnes H. Ophiolite and their origin // Elements, 2014. V. 10. P. 93–100.
16. Whittaker J.M., Müller R.D., Sdrolias M. Revised history of Izanagi-Pacific ridge subduction [Электронный ресурс] [https://www.researchgate.net/publication/267245544_Revised_history_of_Izanagi-Pacific_ridge_subduction — дата обращения — 15.12.2018].

REFERENCES

1. Accretionary tectonic of Western Kamchatka. Moscow, Nauka Publ., 1993, 227 p. (In Russian)
2. Bogdanov N.A., Garver J.I., Chekhovich V.D., Palechek T.N., Ledneva G.V., Soloviev A.V., Kovalenko D.V. Conditions of the formation of the flysh-olistostromal complex in Western framing of Aleutian deep sea depression. *Geotectonics*, 1999, no. 5, pp. 52–56. (In Russian)
3. Verzhbizky E.V., Kononov M.V. *Genesis of lithosphere of the Northern part of World ocean*. Moscow, Nauchny Mir Publ., 2010, 478 p. (In Russian)
4. *Geology of the Western part of the Bering Sea*. Moscow, Nauka Publ., 1990, 158 p. (In Russian)
5. *Geology of the Southern Koryak Hyland*. Moscow, Nauka Publ., 1987, 168 p. (In Russian)

6. Kovalenko D.V., Stavrova O.O. Spatial distribution and geodynamic types of the of the Late Cretaceous and Early Paleogene magmatic complexes of Kamchatka (paleomagnetic and isotop-geochemical characteristic). *Doklady Earth Sciences*, 2006, V. 420, no 2, pp. 221–224. (In Russian)
7. Konstantinovskaya E.A. Late Cretaceous back-arc basin of Kamchatka. *Litology and mineral deposits*, 1997, no. 2, pp. 58–78 (In Russian)
8. Soloviev A.V. *Investigation of tectonic processes at the convergent setting of lithospheric plate. Fission-track dating and structural analysis*. Moscow, Nauka Publ., 2008, 318 p. (In Russian)
9. Stavsky A.P., Chekhovich V.D., Kononov M.V., Zonenshain L.P. Palinspastic reconstruction of the Anadir-Korial region. *Geotectonics*, 1988, no. 6, pp. 32–42 (In Russian)
10. Sukhov A.N., Tsukanov N.V., Belyatsky B.V., Rukavishnikova D.D. Back arc volcanic complexes of Late Mesozoic Achaayvaia-Valagin paleoarc in Kumroch Range structure (Eastern Kamchatka). *Vestnik KRAUNZ, Earth Sciences*, 2016, no. 4, pp. 20–34. (In Russian)
11. Tararin I.A., Badredinov Z.G., Chubarov V.M. *Petrology and mineralization of metamorphic and magmatic complexes from Central and Eastern Kamchatka*. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2015, 302 p. (In Russian)
12. Chekhovich V.D., Sukhov A.N. Break-up of Achaayvaia-Valagin island arc in Paleocene (terrain of South Koryak and Eastern Kamchatka). *Doklady Earth Sciences*, 2006, vol. 409, no. 5, pp. 658–661. (In Russian)
13. Chekhovich V.D., Sukhov A.N., Kononov M.V., Palandjian S.A. Geodynamics of the South-West sector of the Pacific mobile belt in the Late Cretaceous — Early Paleogene. *Geotectonics*, 2009, no. 4, pp. 37–62. (In Russian)
14. Schapiro M.N. Late Mesozoic Achaayvaia-Valagin arc (Kamchatka) and kinematics of the North Pacific plates. *Geotectonics*, 1995, no. 1, pp. 58–70.
15. Dilek Y., Furnes H. Ophiolite and their origin. *Elements*, 2014, V. 10, P. 93–100.
16. Whittaker J.M., Müller R.D., Sdrolias M. Revised history of Izanagi-Pacific ridge subduction. [https://www.researchgate.net/publication/267245544_Revised_history_of_Izanagi-Pacific_ridge_subduction] (last accessed 15.12.2018).

УДК 567:551.734

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СРЕДНЕ—ПОЗДНЕДЕВОНСКОЙ ИХТИОФАУНЫ (PLACODERMI: ANTIARCHI) СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

С.В. МОЛОШНИКОВ

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Музей землеведения)
д. 1, Ленинские горы, г. Москва 119991, Россия
e-mail: molsergey@rambler.ru

В развитии антиарх (Placodermi, Antiarchi) Северной Евразии в среднем—позднем девоне выделяются три этапа: среднедевонский (I), ранний позднедевонский (II) и поздний позднедевонский (III). Эта этапность устанавливается по смене систематического состава, появлению и вымирании крупных таксонов антиарх, а также доминировании различных групп этих рыб в ихтиокомплексах. Первый этап охватывает эйфельское и живетское время и характеризуется распространением преимущественно представителей астеролепидоформных антиарх семейств Pterichthyodidae и Asterolepidae, а также примитивных ботриолепидоформных Dianolepidae. В некоторых регионах в это время могут присутствовать редкие Bothriolepidae. Для второго (франского) этапа характерно увеличением численности Bothriolepidae, среди которых присутствуют географически широко распространённые виды (космополиты). Третий этап охватывает фаменский век и характеризуется распространением представителей отряда Bothriolepiformes. Фаменские ботриолепидоформы в Северной Евразии представлены семействами Bothriolepidae и Tubalepidae. Из астеролепидоформных антиарх присутствуют только редкие Remigolepidae. Приводится характеристика этапов и обсуждаются их границы. Наиболее существенные перестройки таксономического облика фауны антиарх в Северной Евразии происходили на границах (или вблизи них) живетского и франского, франского и фаменского веков.

Ключевые слова: низшие позвоночные; ихтиофауна; панцирные рыбы; антиархи; этапность развития; биоразнообразие; средний-поздний девон; Северная Евразия.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-2-11-20

STAGES OF DEVELOPMENT OF THE MIDDLE—LATE DEVONIAN ICHTHYOFAUNA (PLACODERMI: ANTIARCHI) FROM THE NORTHERN EURASIA

S.V. MOLOSHNIKOV

Lomonosov Moscow State University (Earth Science Museum)
119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory
1, e-mail: molsergey@rambler.ru

Three stages, namely Middle Devonian (I), Early Late Devonian (II) and Late Late Devonian (III), are distinguished in the evolution of antiarchs (Placodermi, Antiarchi) in the Middle-Late Devonian of Northern Eurasia. These stages are set by changing the systematic composition, appearance and extinctions of antiarch taxa, as well as