

УДК 551.735+736(235.21)

ИСТОРИЯ ЗАКРЫТИЯ ОКЕАНСКИХ БАССЕЙНОВ В ПОЗДНЕМ ПАЛЕОЗОЕ МЕЖДУ ТАРИМОМ И ДЖУНГАРИЕЙ: ГЕОДИНАМИКА И СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Ю.С. Бискэ¹, Д.В. Алексеев², А.В. Джэнчураева³, Б. Ван⁴

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, 199034, Россия

²Геологический институт РАН, г. Москва, 119017, Россия

³Институт геологии НАН РК, г. Бишкек, 720481, Кыргызстан

⁴Нанкинский университет, г. Нанкин, 210093, Китай

Аннотация

Рассмотрена история позднепалеозойской конвергенции и коллизионных событий в Южном Тянь-Шане, Тариме и южной Джунгарии с учетом новых геологических и геохронологических данных. Поздний палеозой (пенсильваний – пермь) отвечает здесь большому этапу региональной истории, что соответствует первоначальному смыслу понятия «геологический период (система)». Началу периода отвечает ряд событий, сближенных по времени, включая: 1) развитие единой зоны субдукции, погружающейся под Казахстанский континент, на всем протяжении Тянь-Шаня в интервале 320–315 млн лет и начало формирования тектонических покровов в Южном Тянь-Шане, 2) столкновение островной дуги Богдошаня с Илийский активной окраиной Казахстанского континента, приведшее к отмиранию обеих островодужных систем в период 315–310 млн лет с отложением известняков среднего карбона и последовавшим погружением Богдошаня и Джунгарской впадины 3) начало коллизии Алайского и Таримского микроконтинентов с южной окраиной Казахстанского континента не позже 310 млн лет. Субдукционный и коллизионный процессы в Южном Тянь-Шане сопровождалась продвижением тектонических покровов к югу с омоложением в этом же направлении поднадвигового флиша от башкирского яруса на севере до ассельского яруса на юге. Процесс слияния континентов завершился исчезновением последних открытых батиаей, представленных кремнистыми отложениями, в конце карбона и турбидитов передового прогиба в ассельском веке.

Начало стадии зрелой коллизии в Южном Тянь-Шане в конце ассельского – сакмарском веке выражается 1) переходом от формирования тектонических покровов к преимущественно складчатым и сдвиговым деформациям, сопровождавшимся общим воздыманием складчатого пояса, 2) исчезновением последних морских бассейнов и началом накопления красноцветных континентальных моласс и 3) началом посторогенного гранитоидного магматизма, определенный вклад в который мог также вносить мантийный плюм, развивавшийся независимо в пределах Тарима. Остается справедливой оценка триасовых и последующих юрских событий как внутриплитных, что позволяет принимать для Тянь-Шаня конец палеозойского тектонического цикла в традиционной временной трактовке, то есть близким к рубежу перми и триаса.

Ключевые слова: поздний палеозой, тектонический цикл, Тарим, Джунгария, Тянь-Шань, субдукционный магматизм, карбонатные платформы, коллизия, тектонические покровы, флиш

Традиционное в русскоязычной литературе по Тянь-Шаньскому региону выделение верхнего палеозоя в объеме от пенсильвания до перми включительно имеет четкое событийное обоснование, что делает данное большое подразделение фактически «системой», если иметь в виду первоначальное понимание этого очень старого геологического термина (см., например, [1]), связанного не только с историей биоты. Начало позднепалеозойского этапа в Тянь-Шане определяется отчетливым проявлением нескольких зон субдукции, обусловивших сближение и последующее столкновение раннепалеозойского Казахстанского (Киргизско-Казахского) континента с Алайским, Таримским и Джунгарским микроконтинентами. Конец периода связан с завершением коллизий к концу перми.

Нами проведен анализ и сопоставление геологических данных, включая вновь полученные и частично опубликованные материалы [2], по киргизской и китайской частям Тянь-Шаня, что позволяет более подробно охарактеризовать содержание позднепалеозойского этапа геологической истории этого региона. Характеристика основных типов разрезов верхнего палеозоя приводится здесь в общем направлении с юга на север (рис. 1, 2). На рис. 3 показана корреляция основных формационных комплексов верхнего палеозоя.

1. Область Туркестанского (Южнотяньшаньского) океана

Закрытие этого бассейна и образование на его месте офиолитовой сутуры, которая прослеживается от устья Аму-Дарьи до востока китайского Тянь-Шаня, – ключевое региональное событие позднего палеозоя. Офиолиты шовной зоны и происходящие из нее аллохтонные массы включают гипербазиты и базальты спредингового типа, датированные ордовиком и ранним-средним девоном, и чехол батинальных осадков [3–5]. Здесь же, во внутренней части Южного Тянь-Шаня (ЮТШ), типичны девонские базальтовые серии, формировавшиеся во внутриплитных обстановках [6]. Их обычно покрывают батинальные глинистые известняки с визе-серпуховскими конодонтами и гониатитами, иногда вплоть до слоев с первыми *Fusulinida* среднекарбонového облика, а в кровле разреза находятся турбидиты с олистостромами, самые молодые ископаемые в которых представлены башкирскими *Pseudostaffella* [7, 8]. Мощность турбидитов сильно варьирует, достигая 1000–1500 м.

Прекращение лавинной седиментации легко связать с субдукцией океанической коры в глубоководный желоб на окраине Казахстанского (Киргизско-Казахского, Или-Казахстанского) микроконтинента. Этот процесс впервые проявился в серпуховском веке (около 330 млн лет), по данным о возрасте надсубдукционного вулканизма в западных областях Среднего Тянь-Шаня, и достиг максимума в период с башкирского до касимовского века (320–305 млн лет). На раннем этапе субдукции 320–315 млн лет вдоль северного фланга Южного Тянь-Шаня происходило формирование эклогитов, представляющих субдуцированные фрагменты океанической коры [9–11]. Обратное выведение (эксгумация) эклогитов в состав аккреционной призмы, сохранившейся в шовной зоне, и последующий регрессивный метаморфизм этих высокобарических пород с образованием фенгита датированы по $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ в 316 ± 3 млн лет для северного склона Атбашинского хребта [11] и около 311 млн лет для района р. Кекесу в китайском Тянь-Шане [7]. К рубежу 310 млн лет относится также появление

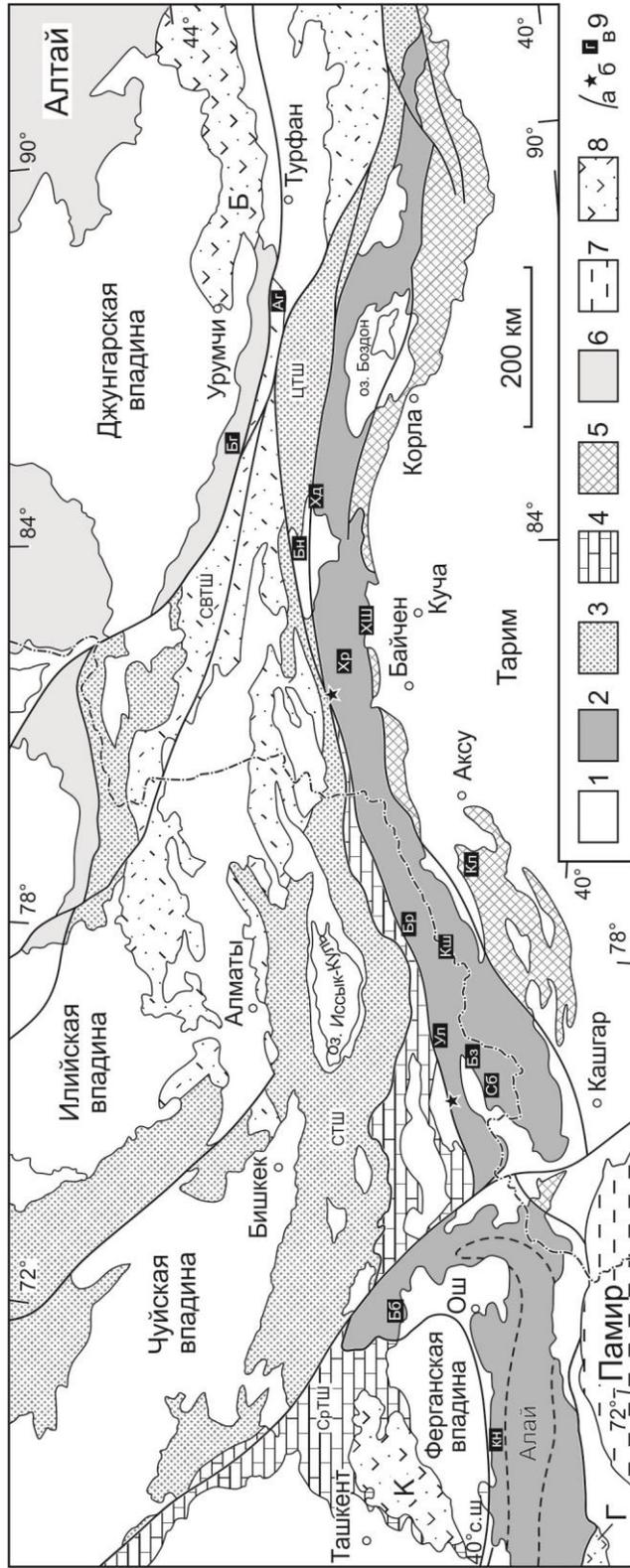


Рис. 1. Структурное районирование центральной и восточной частей палеозойского Тянь-Шаня. 1 – мезозой и кайнозой; 2 – Южный Тянь-Шань; 3 – позднепалеозойский складчато-надвиговый пояс (штриховой линией выделен контур Алайской карбонатной платформы); 4 – Или-Казахстанский палеоконтинент; 5 – Казахстан-Северотяньшаньский пояс, включая Северный (СТШ), Китайский Центральный (ЦТШ), 6 – Срединный Тянь-Шань (раннекаменноугольная пассивная окраина Казахстана); 7 – Таримский докембрийский микроконтинент; 8 – средне- и позднепалеозойские аккреционные комплексы и островные дуги Джунгаро-Балхашской и Алайской областей; 9 – кайнозойский складчатый пояс Памира; 10 – области каменноугольного надсубдукционного магматизма, в том числе Северо-Восточный Тянь-Шань (СВТШ), Гиссарская (Г), Бельтау-Кураминская (К) и Богдошаньская (Б); 11 – крупные разломы; 12 – проявления эклогитов; 13 – объекты: Бг – Байнгол, Кн – Кан, Бб – Баубашата, Бз – Бозой, Ул – Улан, Сб – Сары-Белес, Бр – Борколдой, Кш – Кокшаальский хребт, Хр – хр. Харкешань, Хд – Хайду, Кл – горы Келпин, Хш – Хейиншань, Бн – Байнбулук, Аг – Айвейергол



Рис. 2. Общая концепция динамики коровых масс между Таримом и Джунгарией на конец карбона. На профиле показаны только отложения и интрузивные тела карбона – перми, с выделением вулканитов. Темная заливка – океанская кора и офиолиты (Т – Туркестанского, ПА – Палеоазиатского (Джунгарского) океана). Сверху обобщенные стратиграфические колонки карбона-перми, условные обозначения традиционные. Континентальные и аккретированные террейны: Тарим; Южный Тянь-Шань; Казахстан-Или в составе Срединного (СрТШ) и Северного (СевТШ) Тянь-Шаня; островная дуга Богдошаня. Современная длина профиля 400–500 км

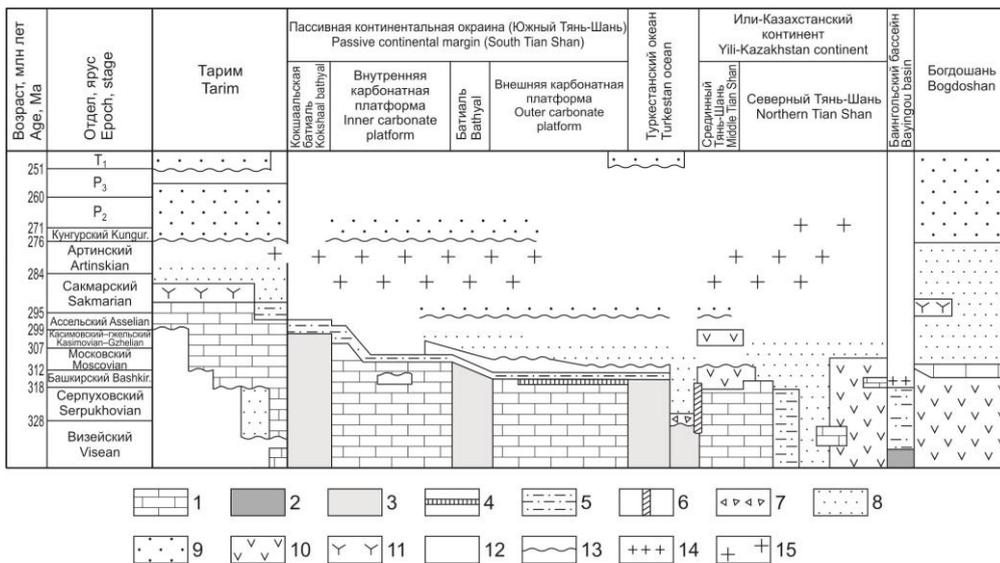


Рис. 3. Корреляция главных осадочных и магматических формаций верхнего палеозоя в пересечении Тарим – Джунгария: 1 – карбонатные платформы; 2 – офиолитовый комплекс; 3 – батиальные отложения; 4 – предфлиш; 5 – флиш (турбидиты); 6 – высокобарический метаморфизм; 7 – брекчии аккреционного этапа; 8 – морская мелководная кластика; 9 – континентальные молассы; 10 – надсубдукционные вулканиты; 11 – постколлизийные вулканиты; 12 – перерывы; 13 – несогласия; 14 – раннеколлизийные гранитоиды; 15 – постколлизийные гранитоиды

в вулканитах цирконовых зерен с отрицательными значениями ϵ_{Hf} , что может указывать на плавление континентального материала субдуцированной окраины Тарима [12].

В южном и восточном обрамлении Ферганской впадины процесс субдукции сопровождается образованием офиолитовых и глинистых меланжей [13], сложенных субдуцированным материалом. В обломках меланжей присутствуют мелководные карбонаты венда (?) – силура, силурийские вулканиты и гранитоиды островодужного происхождения, кремни, метаморфические сланцы и метабазиты, иногда с глаукофановой минеральной ассоциацией. Время начала формирования аккреционной призмы определяется несогласным залеганием на метаморфических сланцах отложений преддугового прогиба с фауной серпуховского и раннебашкирского возраста. Иногда (р. Шуран в Южной Фергане) несогласие фиксируется мощной толщей осадочных брекчий, сложенных обломками зеленых сланцев, которая перекрывается кремнисто-глинистыми сланцами и турбидитами с фораминиферами зоны *Howchinia gibba longa* – *Neoarchaediscus parvus* нижней части серпуховского яруса [14]. Вскоре после начала субдукции, уже в середине башкирского века, в аккреционную призму вовлекаются северные, в современном расположении, карбонатные платформы Туркестанского океана – Ош-Уратюбинская, Баубашатинская, Чирмашская и Уланская [8]. Природа их фундамента остается невыясненной.

2. Карбонатные платформы и батиаля ранее сформированных пассивных окраин (Кызылкум-Алай, Тарим)

Характерным элементом строения складчато-надвигового пояса Южного Тянь-Шаня являются тектонические пластины и покровы карбонатного среднего палеозоя, которые в современной структуре чередуются с пакетами пластин, сложенных конденсированными разрезами батиальных глинисто-кремнистых отложений, реже – вулканитами и обломочными толщами, накапливавшимися на склонах подводных вулканов. Реконструкции первоначального расположения карбонатных отмелей-платформ, батиалей и вулканических построек возможны в разных вариантах – см. обсуждение в [8, 15]. Мы придерживаемся построения, согласно которому севернее Таримского (на востоке) и Каракум-Таджикского (на западе) континентов, но южнее открытой области Туркестанского океана находились несколько изолированных карбонатных платформ, разделявшихся глубокими проливами. Каменноугольные отложения платформ имеют одну и ту же последовательность и включают снизу вверх известняки – (пред-флиш) – флиш, вслед за накоплением которого происходит формирование тектонических покровов [8]. Для реконструкции их исходного положения и последующих перемещений основное значение имеют палеонтологические данные.

В Ферганском хребте и Атбаши-Кошаальском секторе Тянь-Шаня наиболее северную позицию занимает *внешняя карбонатная платформа*, которая реставрируется по разрезам хребтов Баубашата – Кок-Кия (Бозой) – Улан. Ее отличительной особенностью является завершение карбонатонакопления в начале башкирского века, когда мелководные известняки сменяются батиальными кремнисто-глинисто-микритовыми фациями с гониатитами (*Branneroceras* sp., *Proshumardites* sp.) и фораминиферовым комплексом с *Pseudostaffella antiqua* (Dutk.). Эта

маломощная пачка, очевидно, указывает на начало погружения платформы в глубоководный желоб на границе Киргизско-Казахского палеоконтинента и может рассматриваться в качестве предфлишевой. Собственно флиш залегает сверху согласно, преобладает в нем грубообломочная фация. Подобный же вариант строения имеют многие карбонатные массивы в предгорьях Южной Ферганы (Ош-Уратюбинская группа), составлявшие, скорее всего, единую платформу. Восточнее р. Сарыджаз аналоги внешних (северных) карбонатных платформ, прекративших развитие в башкирском веке, неизвестны.

Южнее, в современных координатах, находилась *внутренняя карбонатная платформа*, которая в Кокшаальском секторе Тянь-Шаня представлена силур-каменноугольными карбонатными разрезами хребтов Сары-Белес и Борколдой. Характерным элементом строения среднего карбона (по шкале МСК на 2014 г.) здесь является толща (100–400 м) обычно светлых водорослевых известняков с комплексом фузулинид основания московского яруса, которая образует кровлю мощной известняковой серии среднего палеозоя. Подобная же последовательность известна западнее в Туркестано-Алайской горной системе и далее вплоть до центральных Кызылкумов. В этих районах верхнебашкирские или нижнемосковские (верейские – каширские) известняки нередко залегают трансгрессивно, надстраивая более темные окремненные известняки серпуховского – башкирского ярусов, и могут содержать в подошве пачку красноцветных аллитов или закарстованных пород [16, 8]. В целом область их распространения отвечает границам Алайского (Кызылкумо-Алайского) микроконтинента.

Коллизия Алая, включая его Борколдойский фланг (или отдельную отмель?), с окраиной Казахстана произошла в середине московского века. Этот момент определяется быстрым погружением карбонатной платформы к северу и загрузкой ее толщей турбидитов и олистостромов. В верхах разреза состав толщи более грубо-обломочный, кластический материал представлен известняками и кремнистыми породами. Палеонтологический возраст турбидитов также не моложе раннемосковского. С севера на них надвинуты пластины с батинальным средним палеозоем (радиоляриты и микритовые известняки, отлагавшиеся в проливах между карбонатными платформами) и с тем же нижнемосковским флишем в кровле, например Аксайская севернее известняков Сарыбелеса [17]. Шарьяжи середины московского века составили второй, достаточно обособленный этап событий, которые мы вправе называть уже отчетливо коллизионными, имея в виду континентальную природу фундамента Кызылкумо-Алая [18].

Третий этап конвергентных событий фиксируется смятием и тектоническим перекрытием уже верхнемосковского – касимовского, гжельского, а местами и нижнепермского флиша, который венчает разрез окраины Таримского кратона и его северного подножия. Эта флишевая серия мощностью не менее 3–4 тыс. м вполне типична для передовых прогибов в коллизионных альпийских поясах. В Восточной Фергане и Кокшаальском хребте, а еще восточнее – в китайском южном Кокшаале она согласно залегает на отложениях континентального склона и подножия Тарима, вблизи кровли которых (киргизская часть хр. Кокшаал) турбидиты включают глубоководные карбонатно-кремнистые слои с позднекаменноугольными *Gondolella* [17]. Флиш датирован ископаемыми в карбонатных шлейфах, в обломках, олистолитах, и результаты указывают

на его накопление в короткий промежуток времени, который может меняться от позднемосковского - гжельского под надвигами известняков Алая – Борколдой до ассельского на окраине Таримского континента в Ферганском хребте [8]. Отметим, что на востоке ЮТШ, севернее собственно Тарима, обособляется еще одна карбонатная единица Хайду, девон-каменноугольный разрез которой напоминает Алай и Борколдой, но в коллизионную структуру включен несколько позже. Он венчается касимовскими известняками и затем касимов? – гжельской флишево-олистоостромовой толщей [2].

В целом возраст кровли известняковых платформ, покрывающих их турбидитов и, соответственно, продвижения покровов омолаживается в сторону Тарима – Алая, что отражено на рис. 3.

В Южной и Восточной Фергане, также в Атбашинском хребте в тылу покровов наблюдаются несогласно лежащие мелководно-морские и склоновые отложения наложенного тылового прогиба с известняковыми постройками и их обломочными шлейфами (рис. 2, колонка 3). Возраст этих серий охватывает средний и поздний карбон, ассельский и местами низы сакмарского яруса, а на юге по крайней мере не выходит за пределы ранней перми. Осадконакопление в тыловом прогибе прерывалось деформациями в середине московского века, вследствие которых сформировались угловые несогласия, синхронные с второй фазой надвигов. Третья, постассельская фаза деформаций выражена несогласием в подошве уже верхней, континентальной молассы, выполняющей синклинии юго-восточной (близ г. Ош) и восточной Ферганы, а также в подошве нижнепермских, постассельских вулканитов и конгломератов окраины Тарима (р. Мисбулак)

3. Северный шельф Таримского континента

Средний палеозой шельфовой области Тарима имеет неполный разрез. Перерыв осадконакопления в башкирском веке в северной части Таримской окраины (современный хр. Харкешань) может указывать на проявление здесь локальных поднятий и деформаций на ранних стадиях конвергенции Казахстанского и Таримского континентов [2]. Верхний палеозой (серия Канкелин) на северной окраине Тарима в хр. Муздук залегает трансгрессивно на породах докембрия и нижнего палеозоя [19, 20]. По нашим наблюдениям существенно карбонатный разрез в хр. Муздук, на правом берегу р. Кокшаал у поселка Карачий, начинается со слоев, содержащих комплекс фораминифер с *Plectostaffella bogdanovkensis* Reitl., *Pl. cuboides* (Rum.) и др. вместе с водорослями *Beresella* sp., то есть с низов башкирского яруса. В других случаях (район поселка Хейиншань) базальные слои содержат уже комплекс зоны *Aljutovella aljutovica* основания московского яруса (рис. 2, колонки 1, 2). В кровле известняковой серии мы обнаружили известняки с *Boultonia accurata* Kon., *Schwagerina vulgaris renzhitica* Bensch ассельского или низов сакмарского яруса. Присутствие здесь более молодых слоев с *Nankinella*, согласно [21], сомнительно, так как именно в период 290–288 млн лет [22] северная часть Тарима стала ареной мощного внутриплитного магматизма с проявлениями как базальтовых, так и кислых вулканитов, а также А-гранитоидов. Над вулканитами в более внутренней части континента залегают континентальные красноцветные отложения. В более

внешней зоне, при отсутствии в разрезе вулканитов, выше известняковой серии залегают песчаные турбидиты с олистолитами. Пермские терригенные образования современной северной окраины Тарима можно рассматривать как внешнюю приконтинентальную зону Предкокшаальского передового прогиба.

Таким образом, если принимать окончательное закрытие батиалей и смятие отложенных там кремнисто-глинистых осадков и турбидитов в качестве признака перехода коллизии, в данном случае древнего Казахстана с Таримом, в зрелую фазу, то этот рубеж приходится на ассельский век перми. Особо отметим, что начало коллизии в Ферганской части региона представляется даже несколько более ранним, чем восточнее, а исчезновение глубоководного бассейна в ассельском веке оказывается близким по времени на всем протяжении области ЮТШ. Иная оценка, согласно которой закрытие Южнотяньшаньского океана происходило «ножницеобразно» с востока на запад, ошибочна по крайней мере для всего протяжения коллизионной области западнее оз. Боздон (87° в.д.) [2]. Следует также возразить против представления о только лишь триасовом времени коллизии Тарима с древним Казахстаном [23], которое основано на явно неверной датировке радиолярий с южного склона хр. Кокшаал как позднепермских. По нашим данным [17], батиальные отложения этого района содержат микрофоссилии не моложе позднекаменноугольных. Кроме того, верхний возрастной предел для коллизионных событий определяют развитые здесь же надежно датированные раннепермские постколлизионные граниты с возрастными 395–375 млн лет [24, 25] и позднеассельское региональное угловое несогласие [2].

Особенностью коллизионного этапа для северной окраины Тарима является близость во времени и пространстве молассы и упомянутых выше контрастных по составу вулканитов, а также гранитоидов, которые широко внедряются в коллизионную зону [25–27]. Формирование синколлизионных и постколлизионных гранитов в орогенном поясе обычно объясняется как результат подъема астеносферного материала в тектоническое окно, образующееся после отрыва субдуцировавшего океанического слэба, и последующего прогресса и плавления континентальной коры, а пермский контрастный и существенно базальтовый магматизм Тарима рассматривается как следствие воздействия мантийного плюма [25, 27]. Раннепермский гранитоидный магматизм непосредственно в зоне перехода от Южного Тянь-Шаня к Тариму мог представлять результат совместного действия этих двух факторов.

За исключением магматизма, который в Южном Тянь-Шане распространяется на передовой прогиб и форланд коллизионного пояса, сходная эволюция характерна для многих систем «континент – коллизионный ороген». Примерами могут быть палеозойды Западной мегазоны – передового прогиба Урала, а в части кайнозойских объектов подобное строение типично для Альпийского пояса, особенно его южной, Гондванской окраины.

4. Южная окраина Или-Казахстанского континента

Обращенная к Туркестанскому океану краевая часть Или-Казахстанского континента была пассивной со среднего девона до серпуховского века на западе и до середины башкирского века на востоке и представляла обширный карбонатный шельф [28] (рис. 2, колонка 4). Карбонатные отложения, охватывающие

возрастной интервал от фамена до низов башкирского яруса, наиболее полно развиты и подробно биостратиграфически расчленены в Срединном Тянь-Шане на территории Киргизии и Узбекистана. Они также локально развиты в Южном Казахстане на южных склонах хр. Кетмень и на южной окраине китайского Центрального Тянь-Шаня, в хр. Нарат севернее Баинбулука, где они охватывают значительно меньший стратиграфический интервал – от верхов визейского до низов башкирского яруса [2, 28]. В фамене и раннем турне шельф киргизского Срединного Тянь-Шаня представлял мелководную карбонатную отмель, причленявшуюся к массиву суши на севере, а с позднего турне до башкирского века здесь эволюционировала изолированная карбонатная банка. С севера она была ограничена Сонкульским прогибом, который заполнялся терригенными и карбонатными турбидитами [28]. В Киргизском Северном Тянь-Шане башкирские отложения также образуют последний уровень карбонатообразования. Начало конвергенции в Южном Тянь-Шане выражено переходом к терригенной молассе в Северном Тянь-Шане и внутренних бассейнах Казахстанского континента, а также слабыми деформациями и прекращением седиментации на большей части Срединного Тянь-Шаня.

В конце раннего карбона (на западе) и затем в среднем и позднем карбоне (на востоке) на южной окраине континента вместе с поднятиями начался активный надсубдукционный магматизм известково-щелочного состава, отчасти (в тыловой зоне) со щелочным уклоном, который, однако, проявлен прерывисто во времени и пространстве [29–31]. В ранней перми он сменяется интенсивным орогенным гранитоидным, частично щелочным и бимодальным магматизмом [24, 27]. Вулканиды сочетаются главным образом с континентальными молассами, датированными только по флоре, что делает несколько неопределенной корреляцию разрезов [32]. Изотопное датирование, в настоящее время более успешное для китайской части Или-Казахстанского континента, приводит к существенному пересмотру возрастов многих позднепалеозойских магматических комплексов. В частности, на востоке Илийского блока показан более молодой возраст постколлизийных гранитоидов и базитов, включающий позднюю пермь [33].

5. Северо-восточная окраина Или-Казахстанского континента

Данный регион описывается обычно как китайский Северный Тянь-Шань и Илийский блок и включает районы, примыкающие на западе к Джунгарской и Турфанской впадинам. Здесь отчетливо выделяется позднепалеозойская Илийская континентальная дуга, представляющая восточное окончание Балхаш-Илийского магматического пояса Казахстана, и сопряженный с ней аккреционный комплекс Баингол, обнажающийся вдоль западного и частично южного бортов Джунгарской впадины (рис. 2, колонка 5).

Для Илийской дуги характерен известково-щелочной непрерывно-дифференцированный магматизм с отчетливо мантийным источником, включающий также адакитовые вулканиды [33, 34]. В отличие от сопредельных областей Казахстана, где аналогичный вулканизм происходил исключительно в континентальных обстановках, в Илийской дуге вулканиды ассоциируют как с континентальными, так и с мелководно-морскими терригенными и карбонатными

отложениями, возраста которых хорошо подтверждены фаунистически. Наиболее молодые карбонаты удалось датировать к юго-западу от г. Урумчи (р. Айвейергол), где обнаружены средние и кислые вулканиты, перекрытые мощной пачкой (более 100 м) биокластических известняков, содержащих микроводоросли *Donezella* и фораминиферы *Plectostaffella varvariensis pusilla* Brazhn. et Vdov. башкирского яруса. Вулканические породы и гранитоиды надсубдукционного типа в Илийской дуге датированы в интервале от 375 до 308 млн лет [35]. Более молодые магматические комплексы, формировавшиеся здесь главным образом в перми, имеют субщелочной уклон и геохимические характеристики, предполагающие коллизионную обстановку.

Аккреционный комплекс Баингол, обнажающийся на протяжении около 400 км вдоль восточных склонов хребтов Богдошань и Ирен-Хабирга, сложен сложнодислоцированными глубоководными тонкообломочными, кремнисто-терригенными, кремнистыми и вулканомиктовыми отложениями, в меньшей степени – олистостромами и офиолитами. Редкие находки бентоса в обломках осадочных брекчий (данные ХВГМР) определяют возраста осадочных пород в пределах раннего – начала среднего карбона (рис. 2, колонка 6). Офиолиты представлены серпентинитами, габбро, массивными и подушечными базальтами. Офиолитовые габбро, датированные в нескольких точках, имеют возраста от 344 до 324 млн лет [36, 37].

Постоянное преобладание вулканогенного материала указывает на близость островной дуги, а исключительно глубоководный набор осадочных фаций, присутствие пластин офиолитов, широкое развитие турбидитов и олистостромов в сочетании с крайне высокой степенью дислокаций предполагают, что формирование комплекса Баингол происходило в обстановках аккреционного клина и было связано с субдукцией под Илийскую дугу со стороны Джунгарской впадины. Складчато-надвиговые структуры комплекса прорываются гранитными интрузиями с возрастом 316 млн лет, по-видимому фиксирующими время прекращения субдукции [38, 39]. Наиболее молодые андезиты и гранодиориты надсубдукционного типа в Илийской дуге датированы в районе 310–308 млн лет [35], что указывает на скорое прекращение поддвига океанской коры и связанного с ним магматизма после замыкания океанического бассейна в комплексе Баингол. Продолжение субдукционного процесса вплоть до перми [37] в этом поясе маловероятно, так как не подкрепляется ни палеонтологическими, ни геохронологическими данными.

6. Богдошаньская дуга

Наконец, в хр. Богдошань, разделяющем Джунгарскую и Турфанскую впадины, нижний карбон снова представлен мощной серией островодужных и южнее – задуговых вулканитов в основном нижнего карбона [20], в том числе датированных в 347–344 млн лет [40]. Эта наиболее молодая палеодуга, которая занимала более внутреннее положение в пределах Джунгарского (Палеоазиатского) океана, прекратила свою активность около начала московского века (рис. 2, колонка 7). В кровле вулканитов обычно находится пачка известняковых водорослевых рифов и вулканомиктово-карбонатных мелководных косослоистых песчаников небольшой мощности (100–150 м). Из нее в нескольких пересечениях на западных

и северных склонах хребта удалось получить комплекс брахиопод, фораминифер и микроводорослей, указывающих, что образование рифогенной покрывки островных дуг происходило в начале московского века. Наиболее молодой комплекс с *Fusiella praetypica* Safonova, *Taitzehoella cf. librivitchi* (Dutkevich), *T.l. var. perseverata* Safonova относится, возможно, уже к подольскому горизонту. Фрагменты предположительно той же островной дуги с вулканизмом, продолжавшимся до 323–313 млн лет, частично увенчанные известняками, определены также в фундаменте Джунгарской впадины ([41] и др.).

Резкое прекращение вулканизма в дуге Богдошань в начале московского века около 313–310 млн лет назад, по-видимому, отражает время ее коллизии с Илийской активной континентальной окраиной Казахстанского континента, так как формирование сутуры и прекращение субдукционного магматизма на этой окраине происходят в это же время. Существенных деформаций в пределах форланда (хр. Богдошань и Джунгарская впадина) в результате коллизии не фиксируется и здесь продолжается непрерывное осадконакопление. Быстрая смена рифовых известняков московского яруса турбидитами, а далее – флювиальными и озерными отложениями верхов карбона и перми, достигающими мощности нескольких километров, фиксирует интенсивное опускание фундамента. По-видимому, оно связано с изгибом литосферы и формированием в ней прогиба перед орогенным фронтом. В ранней перми отмечается эпизод бимодального магматизма в интервале 297–288 млн лет [42]: возможно, так же, как и в Тариме, он связан с активностью мантийного плюма [26, 36]. Более высокие горизонты чрезвычайно мощной верхнепалеозойской серии датированы обломочными цирконами и представляют довольно полный разрез перми, включая верхний (лопинский) отдел, и нижний триас [43]. Они отлагались в озерных обстановках в пределах единого Турфано-Джунгарского бассейна, имеют континентальный тип слоистости, содержат битуминозные слои и прослойки почв.

Конец позднепалеозойского этапа в Богдошане и Джунгарской впадине не столь четок, поскольку определившие его тектонические события носили затухающий характер. В более полных разрезах окраин Тарима и Джунгарии поздняя пермская моласса дислоцирована лишь к середине триаса [23]. Эти деформации, локально выраженные угловым несогласием, следуют за широко проявленным в Тянь-Шане внутриплитным термальным событием [24, 27] и уже не связаны с палеозойскими коллизиями.

Заключение

Главный событийный рубеж, определяющий начало позднепалеозойского этапа в Джунгаро-Тяньшань-Таримском регионе, проходит в начале среднего (позднего, в мировой шкале) карбона. Он включает 1) проявление около 320–315 млн лет единой зоны субдукции, погружающейся с юга под Казахстанский континент на всем протяжении Тянь-Шаня и выраженной началом формирования тектонических покровов в Южном Тянь-Шане, 2) столкновение островной дуги Богдошаня с Илийской активной окраиной Казахстанского континента, приведшее к отмиранию обеих островодужных систем в период 315–310 млн лет с последующей сменой надсубдукционного магматизма синколлизийным в пределах Илийской дуги, и 3) начало коллизии Алайского и Таримского мик-

роконтинентов с южной окраиной Казахстанского континента в интервале 310–305 млн лет.

Рубеж второго порядка, наиболее отчетливо выраженный в Южном Тянь-Шане, отвечает концу ассельского – сакмарскому веку. Ему соответствуют 1) начало поздней стадии коллизии в Южном Тянь-Шане с переходом от формирования тектонических покровов к преимущественно складчатым и сдвиговым деформациям, сопровождавшимся общим воздыманием складчатого пояса, 2) исчезновение последних морских бассейнов и начало накопления красноцветных континентальных моласс и 3) начало посторогенного гранитоидного магматизма, определенный вклад в который мог также вносить мантийный плюм, развивавшийся независимо в пределах Тарима.

Конец образования палеозойских моласс определен не столь четко, в Джунгарии он отнесен к раннему триасу [23]. Тем не менее традиционная оценка триасовых и уже последующих юрских событий как внутриплитных остается верной и позволяет принимать для Тянь-Шаня конец палеозойского тектонического цикла близким к рубежу перми и триаса. Перечисленные события соотносятся с общим процессом консолидации позднепалеозойской Пангеи [44].

Литература

1. *Леонов Г.П.* Основы стратиграфии. Т. 1. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. – 527 с.
2. *Алексеев Д.В., Бискэ Г.С., Ван Б., Дженчураева А.В., Гетман О.Ф., Аристов В.А., Кренер А., Лю Х.Ш., Чжон Л.Л.* Тектоническое районирование и палеозойская эволюция китайского Южного Тянь-Шаня // *Геотектоника*. – 2015. – № 2. – С. 3–35.
3. *Алексеев Д.В., Аристов В.А., Дегтярев К.Е.* Возраст и тектоническая обстановка образования вулканических и кремнистых отложений Атбашинского хребта (Южный Тянь-Шань) // *Докл. РАН*. – 2007. – Т. 413, № 6. – С. 781–784.
4. *Буртман В.С.* Тянь-Шань и Высокая Азия. Тектоника и геодинамика в палеозое. – М.: ГЕОС, 2006. – 216 с.
5. *Куренков С.А., Диденко А.Н., Симонов В.А., Лубнина Н.В.* Геодинамические условия формирования палеосрединговых комплексов Урало-Монгольского пояса // *Очерки по региональной тектонике*. – М.: Наука, 2005. – Т. 2. – С. 201–247.
6. *Safonova I., Biske G., Romer R.L., Seltmann R., Simonov V., Maruyama S.* Middle Paleozoic mafic magmatism and ocean plate stratigraphy of the South Tianshan, Kyrgyzstan // *Gondwana Res.* – 2016. – V. 30. – P. 236–256. – doi: 10.1016/j.gr.2015.03.006.
7. *Бискэ Ю.С., Поршняков Г.С., Зубцов С.Е.* Герциниды Атбаши-Кокшаальского района Южного Тянь-Шаня. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. – 190 с.
8. *Бискэ Ю.С.* Палеозойская структура и история Южного Тянь-Шаня. – С.-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1996. – 190 с.
9. *Klemd R., John T., Scherer E.E., Rondenay S., Gao J.* Changes in dip of subducted slabs at depth: Petrological and geochronological evidence from HP–UHP rocks (Tianshan, NW-China) // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 2011. – V. 310, No 1–2. – P. 9–20. – doi: 10.1016/j.epsl.2011.07.022.
10. *Simonov V.A., Sakiev K.S., Volkova N.I., Stupakov S.I., Travin A.V.* Conditions of formation of the Atbashe Ridge eclogites (South Tianshan) // *Russ. Geol. Geophys.* – 2008. – V. 49. – P. 803–815.

11. *Hegner E., Klemd R., Kröner A., Corsini M., Alexeiev D.V., Iaccheri L.M., Zack T., Dulski P., Xia X., Windley B.F.* Mineral ages and P-T conditions of Late Paleozoic high-pressure eclogite and provenance of mélange sediments from Atbashi in the south Tianshan orogen of Kyrgyzstan // *Am. J. Sci.* – 2010. – V. 310, No 9. – P. 916–950. – doi: 10.2475/09.2010.07.
12. *Han Y., Zhao G., Sun M., Eizenhöfer P.R., Hou W., Zhang X., Liu Q., Wang B., Liu D., Xu B.* Late Paleozoic subduction and collision processes during the amalgamation of the Central Asian Orogenic Belt along the South Tianshan suture zone // *Lithos.* – 2016. – V. 246–247. – P. 1–12. – doi: 10.1016/j.lithos.2015.12.016.
13. *Ненахов В.М., Лыточкин В.Ю., Перфильев А.С., Кузнецов Л.В.* Хаотические комплексы палеозойских сооружений Южного Тянь-Шаня. // Геологическое картирование хаотических комплексов. – М.: Роскомнедра, 1992. – С. 8–87.
14. *Дженчураева А.В., Гетман О.Ф.* Новые данные о стратиграфии верхнего палеозоя между речья Шуран-Шунк // Новые данные о биостратиграфии докембрия и палеозоя Кыргызстана. – Бишкек: Илим, 1993. – С. 138–149.
15. *Буртман В.С.* Тектоника и геодинамика Тянь-Шаня в среднем и позднем палеозое // Геотектоника. – 2015. – № 4. – С. 67–85.
16. *Дженчураева А.В.* Стратиграфия и фораминиферы среднекаменноугольных отложений северных склонов Туркестано-Алая. – Фрунзе: Илим, 1979. – 184 с.
17. *Бискэ Ю.С., Дженчураева А.В., Неевин А.В., Воробьев Т.Ю.* Стратиграфия среднего-верхнего палеозоя и палеогеография перехода Туркестанский океан — Таримский континент // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 2003. – Т. 11, № 6. – С. 46–59.
18. *Chiaradia M., Konopelko D., Seltmann R., Cliff R.* Lead sources in ore deposits and magmatic rocks of the Tien Shan and Chinese Altay // Mao J., Bierlein F.P. (Eds.). Mineral deposit research: meeting the global challenge: Proc. 8th Biennial SGA Meeting, Beijing, China, 18–21 August, 2005. – Springer, 2005. – V. 2. – P. 1301–1304.
19. *Carroll A.R., Graham S.A., Hendrix M.S., Ying D., Zhou D.* Late Palaeozoic tectonic amalgamation of NW China: Sedimentary records of the northern Tarim, northwestern Turpan, and southern Junggar basins // *Geol. Soc. Am. Bull.* – 1995. – V. 107. – P. 571–594.
20. *Li S.W., Xu D.K.* (Eds.) Geological map of Chinese Tianshan and adjacent areas, scale 1 : 1000000. – Beijing: Geology Publ. House, 2007. – 2 sheets. (на кит. яз.)
21. The Carboniferous and Permian Stratigraphy and Biota in Kalpin Region, Xinjiang / Institute of Geology, Xinjiang Geological Bureau and Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences (Eds.). – Beijing: Ocean Press, 1987. (на кит. яз.)
22. *Yu X., Yang Sh.-F., Chen H.-L., Chen Zh.-Q., Li Z.-L., Batt G.E., Li Y.-Q.* Permian flood basalts from the Tarim Basin, Northwest China: SHRIMP zircon U–Pb, dating and geochemical characteristics // *Gondwana Res.* – 2011. – V. 20, No 2–3. – P. 485–497. – doi: 10.1016/j.gr.2010.11.009.
23. *Xiao W., Windley B.F., Allen M.B., Han Ch.* Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage // *Gondwana Res.* – 2013. – V. 23, No 4. – P. 1316–1341. – doi: 10.1016/j.gr.2012.01.012.
24. *Seltmann R., Konopelko D., Biske G., Divaev F., Sergeev S.* Hercynian post-collisional magmatism in the context of Paleozoic magmatism evolution of the Tien Shan orogenic belt // *J. Asian Earth Sci.* – 2011. – V. 42, No 5. – P. 821–838. – doi: 10.1016/j.jseas.2010.08.016.

25. *Han B.-F., He G.-Q., Wang X.-Ch., Guo Zh.-J.* Late Carboniferous collision between the Tarim and Kazakhstan–Yili terranes in the western segment of the South Tian Shan Orogen, Central Asia, and implications for the Northern Xinjiang, western China // *Earth-Sci. Rev.* – 2011. – V. 109, No 3–4. – P. 74–93. – doi: 10.1016/j.earscirev.2011.09.001.
26. *Li Z., Chen H., Song B., Li Y., Yang Sh., Yu X.* Temporal evolution of the Permian large igneous province in Tarim Basin in northwestern China // *J. Asian Earth Sci.* – 2011. – V. 42, No 5. – P. 917–927. – doi: 10.1016/j.jseas.2011.05.009.
27. Бискэ Ю.С., Конопелько Д.Л., Зельтманн Р. Геодинамика позднепалеозойского магматизма Тянь-Шаня и его обрамления // *Геотектоника.* – 2013. – № 4. – С. 61–81.
28. *Alexeiev D.V., Cook H.E., Djenchuraeva A.V., Mikolaichuk A.V.* The stratigraphic, sedimentological and structural evolution of the southern margin of the Kazakhstan continent in the Tien Shan Range during the Devonian to Permian // *Spec. Publ. – Geol. Soc. London.* – 2015. – V. 427. – doi: 10.1144/SP427.3.
29. Селиверстов К.В., Гесь М.Д. Петрохимические особенности магматитов и основные параметры среднекаменноугольной – раннепермской субдукции Туркестанского палеоокеана // *Геология и геофизика.* – 2001. – Т. 42. – С. 1471–1475.
30. *Алексеев Д.В., Дегтярев К.Е., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Третьяков А.А., Яковлева С.З., Анисимова И.В., Шатагин К.Н.* Верхнепалеозойские субдукционные и коллизионные магматические комплексы Нарынского сектора Среднего Тянь-Шаня (Кыргызстан) // *Докл. РАН.* – 2009. – Т. 427, № 2. – С. 219–223.
31. *Далимов Т.Н., Ганиев И.Н.* Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. – Ташкент: «Университет», 2010. – 228 с.
32. Стратифицированные и интрузивные образования Киргизии / Ред. К.О. Осмонбетов, В.И. Кнауф, В.Т. Королев. – Фрунзе: Илим, 1982. – Т. 1. – 357 с; Т. 2. – 245 с.
33. *Wang B., Cluzel D., Shu L.S., Faure M., Charvet J., Chen Y., Meffre S., de Jong K.* Evolution of calc-alkaline to alkaline magmatism through Carboniferous convergence to Permian transcurrent tectonics, western Chinese Tianshan // *Int. J. Earth Sci.* – 2009. – V. 98. – P. 1275–1298. – doi: 10.1007/s00531-008-0408-y.
34. *Wang B., Jahn B.-m., Lo Ch.-H., Shu L.-sh., Wu Ch.-Y., Li K.-s., Wang F.* Structural analysis and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ thermochronology of Proterozoic rocks in Sailimu area (NW China): Implication to polyphase tectonics of the North Chinese Tianshan // *J. Asian Earth Sci.* – 2011. – V. 42, No 5. – P. 839–853. – doi: 10.1016/j.jseas.2011.07.022.
35. *Wang B., Faure M., Shu L.S., Cluzel D., Charvet J., de Jong K., Chen Y.* Paleozoic tectonic evolution of the Yili Block, western Chinese Tianshan // *Bull. Soc. Geol. Fr.* – 2008. – V. 179, No 5. – P. 483–490.
36. *Xia L., Xu X., Li X., Ma Zh., Xia Z.* Reassessment of petrogenesis of Carboniferous–Early Permian rift-related volcanic rocks in the Chinese Tianshan and its neighboring areas // *Geosci. Front.* – 2012. – V. 3, No 4. – P. 445–471. – doi: 10.1016/j.gsf.2011.12.011.
37. *Li Ch., Xiao W., Han Ch., Zhou K., Zhang J., Zhang Zh.* Late Devonian – early Permian accretionary orogenesis along the North Tianshan in the southern Central Asian Orogenic Belt // *Int. Geol. Rev.* – 2015. V. 57, No 5–8. – P. 1023–1050. – doi: 10.1080/00206814.2014.913268.
38. *Xu X.Y., Li X.M., Ma Z.P.* LA-ICPMS zircon U-Pb dating of gabbro from the Bayingou Ophiolite in the northern Tianshan Mountains // *Acta Geol. Sin.* – 2006. – V. 80, No 8. – P. 1168–1176.
39. *Han B.-F., Guo Zh.-J., Zhang Zh.-Ch., Zhan L., Chen J.-F., Song B.* Age, geochemistry, and tectonic implications of a late Paleozoic stitching pluton in the North Tian Shan suture zone, western China // *Geol. Soc. Am. Bull.* – 2010. – V. 122, No 3–4. – P. 627–640. – doi: 10.1130/B26491.1.

40. *Chen X., Shu L., Santosh M., Zhao X.* Island arc-type bimodal magmatism in the eastern Tianshan Belt, Northwest China: geochemistry, zircon U–Pb geochronology and implications for the Paleozoic crustal evolution in Central Asia // *Lithos.* – 2013. – V. 168–169. – P. 48–66. – doi: 10.1016/j.lithos.2012.10.006.
41. *Li D., He D., Santosh M., Ma D.* Tectonic framework of the northern Junggar Basin Part II: The island arc basin system of the western Luliang Uplift and its link with the West Junggar terrane // *Gondwana Res.* – 2014. – V. 27, No 3. – P. 1110–1130 – doi: 10.1016/j.gr.2014.08.019.
42. *Shu L., Wang B., Zhu W., Guo Zh., Charvet J., Zhang Y.* Timing of initiation of extension in the Tianshan, based on structural, geochemical and geochronological analyses of bimodal volcanism and olistostrome in the Bogda Shan (NW China) // *Int. J. Earth Sci.* – 2011. – V. 100. – P. 1647–1663. – doi: 10.1007/s00531-010-0575-5.
43. *Thomas S.G., Tabor N.J., Yang W. Myers T.S., Yang Y., Wang D.* Palaeosol stratigraphy across the Permian–Triassic boundary, Bogda Mountains, NW China: implications for palaeoenvironmental transition through earth’s largest mass extinction // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* – 2011. – V. 308, No 1–2. – P. 41–64. – doi: 10.1016/j.palaeo.2010.10.037.
44. *Domeier M., Torsvik T.H.* Plate tectonics in the late Paleozoic // *Geosci. Front.* – 2014. – V. 5, No 3. – P. 303–350. – doi: 10.1016/j.gsf.2014.01.002.

Поступила в редакцию
18.01.16

Бискэ Юрий Сергеевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор Института наук о Земле

Санкт-Петербургский государственный университет
Университетская наб., д. 7/9, г. Санкт-Петербург, 199034, Россия
E-mail: gbiskeh@yandex.ru; g.biske@spbu.ru

Алексеев Дмитрий Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник

Геологический институт РАН
пер. Пыжевский, д. 7, г. Москва, 119017, Россия
E-mail: dvalexeev@mail.ru; dvalexeev@yandex.ru

Дженчуроева Александра Васильевна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник

Институт геологии НАН РК
пр. Еркиндык, д. 30, г. Бишкек, 720481, Кыргызстан
E-mail: djenchuraeva@gmail.com

Ван Бо, доктор наук, доцент, Государственная главная лаборатория минеральных ресурсов, Школа наук о Земле и геологической разведки

Нанкинский университет
дор. Ханькоу 22, г. Нанкин, 210093, Китай
E-mail: bwang@nju.edu.cn

**Closing History of the Late Palaeozoic Oceanic Basins between Tarim and Junggar:
Geodynamics and Stratigraphic Problems***Yu.S. Biske^{a*}, D.V. Alexeiev^{b**}, A.V. Djenchuraeva^{c***}, B. Wang^{d****}*^a*Institute of Earth Sciences, St. Petersburg, 199034 Russia*^b*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017 Russia*^c*M.M. Adyshev Institute of Geology, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, 720481 Kyrgyzstan*^d*School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing, 210093 China*E-mail: *gbiskeh@yandex.ru, **dvalexieiev@mail.ru, ***djenchuraeva@gmail.com,
****bwang@nju.edu.cn

Received January 18, 2016

Abstract

The history of the Late Palaeozoic convergence and collisions in the South Tian Shan, Tarim, and South Junggar has been considered based on new geological and geochronological data. The Late Palaeozoic (Pennsylvanian and Permian) in this region represents a distinct phase in the regional tectonic history and, thus, corresponds to the original meaning of the concept of “geological period (system)”. This phase begins with several events, which occur in the Early and Middle Pennsylvanian as follows: 1) development of a continuous north-dipping subduction zone along the northern edge of the South Tian Shan at ca. 320–315 Ma and beginning of overthrusting in the South Tian Shan; 2) collision of the Bogdoshan arc with the Yili continental arc of Eastern Kazakhstan at ca. 315–310 Ma. This led to elimination of magmatism in these two arcs and was followed by deposition of carbonates and subsidence in the Bogdoshan and Junggar basins; 3) beginning of collisions between the Alai and Tarim microcontinents and the southern margin of the Kazakhstan continent at ca. 310 Ma. Subduction and collisional deformations in the South Tian Shan were accompanied by top-to-the south overthrusting and deposition of turbidites and olistostromes that range in age from the Bashkirian in the north to the Asselian in the south. Amalgamation of two continents in the South Tian Shan led to elimination of the last deeper marine basins with cherty deposits in the Late Pennsylvanian and to termination of turbidite sedimentation in the Asselian.

Beginning of the late collisional phase in the South Tian Shan during the late Asselian and Sakmarian is expressed by: 1) overthrusting changed to folding and strike-slip faulting; 2) general uplift of the fold-and-thrust belt that led to elimination of the last marine basins and consequent deposition of coarse continental molasses; 3) initiation of post-collisional granitoid magmatism, which at least by part may also reflect melting of the continental crust due to heating by the Tarim mantle plume. Tectonic events that took place in the Tian Shan-Junggar region during the Triassic and Jurassic are conventionally considered as intraplate, and this allows to define the end of the Late Palaeozoic tectonic phase near the boundary of the Permian and Triassic.

Keywords: Upper Palaeozoic, tectonic phases, Tarim, Junggar, Tian Shan, subduction magmatism, carbonate platforms, collision, overthrusting, flysch

Figure captions

Fig. 1. Tectonic settings of the Palaeozoic Central and Eastern Tian Shan: 1 – Mesozoic and Cenozoic; 2 – South Tian Shan, Late Paleozoic fold-and-thrust belt (Alai carbonate platform is shown with dashed line); 3, 4 – Yili-Kazakhstan paleocontinent: 3 – Kazakhstan – North Tian Shan belt, including Kyrgyz North Tian Shan (NTSh), and Chinese Central Tian Shan (CTSh), 4 – Middle Tian Shan (Late Devonian to Early Carboniferous passive margin of the Kazakhstan continent); 5 – Tarim Precambrian microcontinent; 6 – middle to upper Palaeozoic accretionary complexes and arcs

in Junggar-Balkhash and Altai areas; 7 – Cenozoic folded belt of Pamirs; 8 – Carboniferous continental arcs of the Northeastern Tian Shan (NETSh), Hissar (H), Beltau-Kurama (K) and Bogdoshan (B); 9 – major faults (a), eclogites (b), localities, mentioned in the text (c): Bg – Bayingou, Kn – Kan, Bb – Baubashata, Bz – Bozoy, Ul – Ulan, Cb – Sary-Beles, Br – Borkoldoy, Ksh – Kokshaal Range, Hr – Harkeshan Range, Kd – Kaidu, Kp – Kepin Mts., Hsh – Heiyingshan, Bn – Bayinbuluk, Ag – Aiveyergou.

Fig. 2. General concept of the crust dynamics in the Tarim to Junggar transect at the end of the Carboniferous. Only Carboniferous and Permian deposits and magmatic complex are shown, volcanic rocks are outlined. Dark-gray is the oceanic crust and ophiolites: T – Turkestan ocean, PA – Palaeoasian (Junggar) ocean. Continental and accreted terranes are Tarim, South Tian Shan, Kazakhstan-Yili (Middle and North Tian Shan), Bogdoshan arc. Actual length of the profile is 400–500 km.

Fig. 3. Correlation of the main sedimentary and magmatic formations along the Tarim – Junggar transect: 1 – carbonate platforms; 2 – ophiolites; 3 – bathyal sediments; 4 – pre-flysch; 5 – flysch; 6 – HP metamorphism; 7 – breccia of accretion phase; 8 – shallow marine clastics; 9 – continental molasses; 10 – subductional volcanic rocks; 11 – postcollisional volcanic rocks; 12 – break in sedimentation; 13 – unconformities; 14 – early collisional granitoids; 15 – postcollisional granitoids.

References

- Leonov G.P. Principles of Stratigraphy. Vol. 1. Moscow, Izd. Mosk. Univ., 1973. 527 p. (In Russian)
- Alexeiev D.V., Biske Yu.S., Wang B., Djenchuraeva A.V., Getman O.F., Aristov V.A., Kröner A., Liu H., Zhong L. Tectono-stratigraphic framework and Palaeozoic evolution of the Chinese South Tianshan. *Geotectonics*, 2015 vol. 49, no. 2, pp. 93–122.
- Alekseev D.V., Aristov V.A., Degtyarev K.E. The age and tectonic setting of volcanic and cherty sequences in the ophiolite complex of the Atbashe Ridge (Southern Tien Shan). *Dokl. Earth Sci.*, 2007, vol. 413, no. 2, pp. 380–383.
- Burtman V.S. Tien-Shan and High Asia. Tectonics and Geodynamics in the Palaeozoic era. Moscow, GEOS, 2006. 216 p. (In Russian)
- Kurenkov S.A., Didenko A.N., Simonov V.A., Lubnina N.V. Geodynamic conditions for formation of the paleospreading complexes of the Ural-Mongolian belt. *Ocherki po regional'noi tektonike* [Essays on Regional Tectonics]. Vol. 2. Moscow, Nauka, 2005, pp. 201–247. (In Russian)
- Safonova I., Biske G., Romer R.L., Seltmann R., Simonov V., Maruyama S. Middle Paleozoic mafic magmatism and ocean plate stratigraphy of the South Tianshan, Kyrgyzstan. *Gondwana Res.*, 2016, vol. 30, pp. 236–256. doi: 10.1016/j.gr.2015.03.006.
- Biske Yu.S., Porshnyakov G.S., Zubtsov S.E. Hercynides of the Atbashe-Kokshaal Region, Southern Tien Shan. Leningrad, Izd. Leningr. Univ., 1985. 190 p. (In Russian)
- Biske Yu.S. Palaeozoic Structure and History of Southern Tian-Shan. St. Petersburg, Izd. S.-Peterb. Univ., 1996. 190 p. (In Russian)
- Klemd R., John T., Scherer E.E., Rondenay S., Gao J. Changes in dip of subducted slabs at depth: petrological and geochronological evidence from HP–UHP rocks (Tianshan, NW-China). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2011, vol. 310, nos. 1–2, pp. 9–20. doi: 10.1016/j.epsl.2011.07.022.
- Simonov V.A., Sakiev K.S., Volkova N.I., Stupakov S.I., Travin A.V. Conditions of formation of the Atbashe Ridge eclogites (South Tianshan). *Russ. Geol. Geophys.*, 2008, vol. 49, pp. 803–815.
- Hegner E., Klemd R., Kröner A., Corsini M., Alexeiev D.V., Iaccheri L.M., Zack T., Dulski P., Xia X., Windley B.F. Mineral ages and P-T conditions of Late Paleozoic high-pressure eclogite and provenance of mélangé sediments from Atbashi in the south Tianshan orogen of Kyrgyzstan. *Am. J. Sci.*, 2010, vol. 310, no. 9, pp. 916–950. doi: 10.2475/09.2010.07.
- Han Y., Zhao G., Sun M., Eizenhöfer P.R., Hou W., Zhang X., Liu Q., Wang B., Liu D., Xu B. Late Paleozoic subduction and collision processes during the amalgamation of the Central Asian Orogenic Belt along the South Tianshan suture zone. *Lithos*, 2016, vols. 246–247, pp. 1–12. doi: 10.1016/j.lithos.2015.12.016.
- Nenakhov V.M., Lytochkin V.Yu., Perfil'ev A.S., Kuznetsov L.V. Chaotic complexes of Paleozoic structures in the Southern Tien Shan. *Geologicheskoe kartirovanie khaoticheskikh kompleksov* [Geological Surveying of Chaotic Complexes]. Moscow, Roskomnedra, 1992, pp. 8–87. (In Russian)

14. Djenchuraeva A.V., Getman O.F. New data on stratigraphy of the Upper Paleozoic of the Shuran-Shunk interfluvial area. *Novye dannye o biostratigrafii dokembriya i paleozoya Kirgystana* [New Data on Biostratigraphy of the Pre-Cambrian and Paleozoic of Kyrgyzstan]. Bishkek, Ilim, 1993. pp. 138–149. (In Russian)
15. Burtman V.S. Tectonics and geodynamics of the Tian Shan in the Middle and Late Paleozoic. *Geotectonics*, 2015, vol. 49, no. 4, pp. 302–319.
16. Djenchuraeva A.V. Stratigraphy and foraminifera of the Middle Carboniferous deposits on the north flank of the Turkestan-Alai Range. Frunze, Ilim, 1979. 184 p. (In Russian)
17. Biske Yu.S., Djenchuraeva A.V., Neevin A.V., Vorob'ev T.Yu. The Middle–Upper Paleozoic stratigraphy and paleogeography of the transitional area between the Turkestan Ocean and Tarim Continent (Tien Shan). *Stratigr. Geol. Korrel.*, 2003, vol. 11, no. 6, pp. 46–59. (In Russian)
18. Chiaradia M., Konopelko D., Seltmann R., Cliff R. Lead sources in ore deposits and magmatic rocks of the Tien Shan and Chinese Altay, *Proc. 8th Bienn. SGA Meet. Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge*. Mao J., Bierlein F.P. (Eds.). Beijing, Springer, 2005, vol. 2, pp. 1301–1304.
19. Carroll A.R., Graham S.A., Hendrix M.S., Ying D., Zhou D. Late Palaeozoic tectonic amalgamation of NW China: sedimentary records of the northern Tarim, northwestern Turpan, and southern Junggar basins. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1995, vol. 107, pp. 571–594.
20. Li S.W., Xu D.K. (Eds.) Geological Map of Chinese Tianshan and Adjacent Areas, Scale 1:1 000 000. 2 Sheets. Beijing, Geol. Publ. House, 2007. (In Chinese)
21. The Carboniferous and Permian Stratigraphy and Biota in Kalpin Region, Xinjiang. Institute of Geology, Xinjiang Geological Bureau and Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences (Eds.). Beijing, Ocean Press, 1987. (In Chinese)
22. Yu X., Yang Sh.-F., Chen H.-L., Chen Zh.-Q., Li Z.-L., Batt G.E., Li Y.-Q. Permian flood basalts from the Tarim Basin, Northwest China: SHRIMP zircon U–Pb, dating and geochemical characteristics. *Gondwana Res.*, 2011, vol. 20, nos. 2–3, pp. 485–497. doi: 10.1016/j.gr.2010.11.009.
23. Xiao W., Windley B.F., Allen M.B., Han Ch. Paleozoic multiple accretionary and collisional tectonics of the Chinese Tianshan orogenic collage. *Gondwana Res.*, 2013, vol. 23, no. 4, pp. 1316–1341. doi: 10.1016/j.gr.2012.01.012.
24. Seltmann R., Konopelko D., Biske G., Divaev F., Sergeev S. Hercynian post-collisional magmatism in the context of Paleozoic magmatism evolution of the Tien Shan orogenic belt. *J. Asian Earth Sci.*, 2011, vol. 42, no. 5, pp. 821–838. doi: 10.1016/j.jseas.2010.08.016.
25. Han B.-F., He G.-Q., Wang X.-Ch., Guo Zh.-J. Late Carboniferous collision between the Tarim and Kazakhstan–Yili terranes in the western segment of the South Tian Shan Orogen, Central Asia, and implications for the Northern Xinjiang, western China. *Earth-Sci. Rev.*, 2011, vol. 109, nos. 3–4, pp. 74–93. doi: 10.1016/j.earscirev.2011.09.001.
26. Li Z., Chen H., Song B., Li Y., Yang Sh., Yu X. Temporal evolution of the Permian large igneous province in Tarim Basin in northwestern China. *J. Asian Earth Sci.*, 2011, vol. 42, no. 5, pp. 917–927. doi: 10.1016/j.jseas.2011.05.009.
27. Biske Yu.S., Konopelko D.L., Seltmann R. Geodynamics of late Paleozoic magmatism in the Tien Shan and its framework. *Geotectonics*, 2013, vol. 47, no. 4, pp. 291–309.
28. Alexeiev D.V., Cook H.E., Djenchuraeva A.V., Mikolaichuk A.V. The stratigraphic, sedimentological and structural evolution of the southern margin of the Kazakhstan continent in the Tien Shan Range during the Devonian to Permian. *Spec. Publ. – Geol. Soc. London*, 2015, vol. 427. doi: 10.1144/SP427.3.
29. Seliverstov K.V., Ges M.D. Petrochemical features of igneous rocks and main parameters of the Middle Carboniferous–Early Permian subduction of Turkestan paleocean. *Geol. Geofiz.*, 2001, vol. 42, pp. 1471–1475. (In Russian)
30. Alekseev D.V., Degtyarev K.E., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Tret'yakov A.A., Yakovleva S.Z., Anisimova I.V., Shatagin K.N. Late Paleozoic subductional and collisional igneous complexes in the Naryn segment of the Middle Tien Shan (Kyrgyzstan). *Dokl. Earth Sci.*, 2009, vol. 427, no. 1, pp. 760–763.
31. Dalimov T.N., Ganiev I.N. Evolution and Types of Magmatism in the Western Tien Shan. Tashkent, Universitet, 2010. 228 p. (In Russian)

32. Stratified and Intrusive Rocks of Kirgizia. Osmonbetov K.O., Knauf V.I., Korolev V.T. (Eds.). Frunze: Ilim, 1982. Vol. 1, 357 p. Vol. 2, 245 p. (In Russian)
33. Wang B., Cluzel D., Shu L.S., Faure M., Charvet J., Chen Y., Meffre S., de Jong K. Evolution of calc-alkaline to alkaline magmatism through Carboniferous convergence to Permian transcurrent tectonics, western Chinese Tianshan. *Int. J. Earth Sci.*, 2009, vol. 98, pp. 1275–1298. doi: 10.1007/s00531-008-0408-y.
34. Wang B., Jahn B.-m., Lo Ch.-H., Shu L.-sh., Wu Ch.-Y., Li K.-s., Wang F. Structural analysis and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ thermochronology of Proterozoic rocks in Sailimu area (NW China): Implication to polyphase tectonics of the North Chinese Tianshan. *J. Asian Earth Sci.*, 2011, vol. 42, no. 5, pp. 839–853. doi: 10.1016/j.jseas.2011.07.022.
35. Wang B., Faure M., Shu L.S., Cluzel D., Charvet J., de Jong K., Chen Y. Paleozoic tectonic evolution of the Yili Block, western Chinese Tianshan. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 2008, vol. 179, no. 5, pp. 483–490.
36. Xia L., Xu X., Li X., Ma Zh., Xia Z. Reassessment of petrogenesis of Carboniferous–Early Permian rift-related volcanic rocks in the Chinese Tianshan and its neighboring areas. *Geosci. Front.*, 2012, vol. 3, no. 4, pp. 445–471. doi: 10.1016/j.gsf.2011.12.011.
37. Li Ch., Xiao W., Han Ch., Zhou K., Zhang J., Zhang Zh. Late Devonian – early Permian accretionary orogenesis along the North Tianshan in the southern Central Asian Orogenic Belt. *Int. Geol. Rev.*, 2015, vol. 57, no. 5–8, pp. 1023–1050. doi: 10.1080/00206814.2014.913268.
38. Xu X.Y., Li X.M., Ma Z.P. LA-ICPMS zircon U-Pb dating of gabbro from the Bayingou Ophiolite in the northern Tianshan Mountains. *Acta Geol. Sin.*, 2006, vol. 80, no. 8, pp. 1168–1176.
39. Han B.-F., Guo Zh.-J., Zhang Zh.-Ch., Zhan L., Chen J.-F., Song B. Age, geochemistry, and tectonic implications of a late Paleozoic stitching pluton in the North Tian Shan suture zone, western China. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 2010, vol. 122, nos. 3–4, pp. 627–640. doi: 10.1130/B26491.1.
40. Chen X., Shu L., Santosh M., Zhao X. Island arc-type bimodal magmatism in the eastern Tianshan Belt, Northwest China: geochemistry, zircon U–Pb geochronology and implications for the Paleozoic crustal evolution in Central Asia. *Lithos*, 2013, vols. 168–169, pp. 48–66. doi: 10.1016/j.lithos.2012.10.006.
41. Li D., He D., Santosh M., Ma D. Tectonic framework of the northern Junggar Basin Part II: The island arc basin system of the western Luliang Uplift and its link with the West Junggar terrane. *Gondwana Res.*, 2014, vol. 27, no. 3, pp. 1110–1130. doi: 10.1016/j.gr.2014.08.019.
42. Shu L., Wang B., Zhu W., Guo Zh., Charvet J., Zhang Y. Timing of initiation of extension in the Tianshan, based on structural, geochemical and geochronological analyses of bimodal volcanism and olistostrome in the Bogda Shan (NW China). *Int. J. Earth Sci.*, 2011, vol. 100, pp. 1647–1663. doi: 10.1007/s00531-010-0575-5.
43. Thomas S.G., Tabor N.J., Yang W., Myers T.S., Yang Y., Wang D. Palaeosol stratigraphy across the Permian–Triassic boundary, Bogda Mountains, NW China: implications for palaeoenvironmental transition through earth’s largest mass extinction. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 2011, vol. 308, nos. 1–2, pp. 41–64. doi: 10.1016/j.palaeo.2010.10.037.
44. Domeier M., Torsvik T.H. Plate tectonics in the late Paleozoic. *Geosci. Front.*, 2014, vol. 5, no. 3, pp. 303–350. doi: 10.1016/j.gsf.2014.01.002.

Для цитирования: Бискэ Ю.С., Алексеев Д.В., Дженчураева А.В., Ван Б. История закрытия океанских бассейнов в позднем палеозое между Таримом и Джунгарией: геодинамика и стратиграфические проблемы // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2016. – Т. 158, кн. 1. – С. 75–93.

For citation: Biske Yu.S., Alexeiev D.V., Djenchuraeva A.V., Wang B. Closing history of the Late Palaeozoic oceanic basins between Tarim and Junggar: geodynamics and stratigraphic problems. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2016, vol. 158, no. 1, pp. 75–93. (In Russian)