

УДК 551.73

ТЕРРИГЕННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ОРДОВИКА И СИЛУРА СРЕДИННОГО ТЯНЬ-ШАНЯ (ВОСТОЧНЫЙ КЫРГЫЗСТАН): ВОЗРАСТ И ИСТОЧНИКИ СНОСА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДАТИРОВАНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ЦИРКОНОВ

© 2024 г. Д. В. Алексеев^{1,2,*}, А. К. Худолей², С. Э. Дюфрэн³,
А. В. Кушнарёва², Н. В. Брянский⁴, А. А. Каримов^{4,5}

Представлено академиком РАН К.Е. Дегтяревым 17.01.2024 г.

Поступило 17.01.2024 г.

После доработки 25.01.2024 г.

Принято к публикации 29.01.2024 г.

Для уточнения возраста отложений и источников сноса, проведено датирование обломочных цирконов в песчаниках сарыджазской и ичкебашской свит Срединного Тянь-Шаня, относящихся к среднему и верхнему ордовика. Полученные данные свидетельствуют, что в верхних горизонтах ичкебашской свиты присутствуют отложения нижнего силура, ранее в регионе не выделявшиеся. Возраст не древнее силурийского имеет также каначуйская свита, залегающая стратиграфически выше ичкебашской. Отсутствие морской фауны на этих уровнях, по-видимому, обусловлено дельтовым характером фаций. Источники сноса, судя по ориентировке индикаторов течений и возрастам обломочных цирконов, находились в пределах Северного Тянь-Шаня (СТШ). В ичкебашской свите доминируют зёрна с возрастными от позднего кембрия до силура, синхронные основному этапу раннепалеозойского магматизма в СТШ. Присутствие докембрийских обломочных цирконов во всех датированных образцах, и наиболее широко представленных в сарыджазской свите, свидетельствует о размыве пород докембрия, по-видимому — Чу-Кендыктасского массива, в пределах которого наблюдаются похожие распределения возрастов обломочных цирконов в метаосадочных толщах неопротерозоя и нижнего палеозоя. Формирование передового прогиба в Срединном Тянь-Шане в позднем ордовике и раннем силуре происходило в целом субсинхронно с основным орогенным событием в Северном Тянь-Шане.

Ключевые слова: обломочные цирконы, U–Pb-датирование, ордовик, силур, Срединный Тянь-Шань
DOI: 10.31857/S2686739724050036

ВВЕДЕНИЕ

Обломочные толщи, накапливающиеся на завершающих стадиях тектонического цикла в передовых прогибах складчатых поясов, являются важным источником информации о времени объединения изначально разобщённых тектонических блоков (аллохтонных террейнов,

микроконтинентов, континентальных массивов и др.), а также о характере и эволюции орогенных поднятий, являвшихся источником сноса. Определение возрастов обломочных толщ, выполняющих передовые прогибы, однако, часто осложняется редкостью или отсутствием фауны в терригенных разрезах и основным источником информации о возрасте отложений становятся результаты датирования обломочных цирконов.

Основными элементами раннепалеозойской структуры Тянь-Шаня на территории Киргизии являются два докембрийских микроконтинента: Северо-Тянь-Шаньский (Иссык-Кульский), представлявший в кембрии и ордовике континентальную магматическую дугу, и Ишим–Срединно-Тянь-Шаньский (также называемый Каратау-Нарынским, Сырдарьинским или Улутау-Сарыджазским), в пределах которого

¹Геологический институт Российской Академии наук, Москва, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada

⁴Институт земной коры Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск, Россия

⁵Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск, Россия

*E-mail: dvalexeiev@mail.ru

проявления раннепалеозойского магматизма отсутствуют (рис. 1) [1–3]. В разрезах нижнего палеозоя Срединного Тянь-Шаня (СрТШ) представлены кремнистые, карбонатные и глинистые отложения кембрия – среднего ордовика, накапливавшиеся в обстановках пассивной окраины, и терригенные отложения передового прогиба, возраст которых оценивается в пределах среднего и позднего ордовика [1, 2, 4, 5]. С целью уточнения возраста терригенных толщ и анализа источников сноса, нами было проведено датирование обломочных цирконов в центральных и восточных областях СрТШ (рис. 1).

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Срединный Тянь-Шань представляет докембрийский микроконтинент, имеющий значительное сходство геологической истории с Таримским кратоном, и резко отличающийся от континентального блока СТШ. Наиболее древние породы представлены палеопротерозойскими гнейсами свиты Куйлю (2.4–1.8 млрд лет), гранитоидами и вулканитами нижнего неопротерозоя (850–720 млн лет) и обломочными толщами криогения и эдиакария [1, 2] (рис. 1).

Отложения кембрия-среднего ордовика в СрТШ, выделяемые как шорторская серия, лежат субсогласно с локальными размывами на терригенных отложениях неопротерозоя (рис. 2). Нижняя часть серии (курментинская свита) сложена чёрными кремнями, кремнистыми, глинистыми и углеродистыми сланцами, относящимися к нижнему и среднему кембрию по определениям фауны майского яруса в вышележащих отложениях и корреляции с аналогичными отложениями Южного Казахстана и Тарима [4]. Средняя часть разреза (кызылкиндикская свита) представлена чередованием слоистых известняков, известковистых и глинистых сланцев, возраст которых определяется по трилобитам в пределах среднего и верхнего кембрия. Верхняя часть серии (кокбельская свита) сложена чёрными и серыми глинистыми и кремнистыми сланцами с горизонтами известняков, кремней и алевролитов. В центральной части хр. Джетымтау (рис. 1) кокбельская свита отвечает интервалу от тремадока до дарривилия и сменяется вверх по разрезу песчаниками ичкебашской свиты верхнего ордовика [4, 7, 8] (рис. 2). На востоке СрТШ в бассейне р. Сарыджаз кокбельская свита относится к тремадоку. Вверх по разрезу она согласно сменяется олджобайской свитой, сложенной зелёными, серыми и красными кремнистыми алевролитами и яшмовидными кремнями с горизонтами

алевролитов и песчаников. По фаунистическим определениям возраст олджобайской свиты принимался в интервале от верхов тремадокского до дарривильского яруса [4, 7–9] либо от верхов тремадокского до низов дапингского яруса [5, 10].

Вышележащие терригенные отложения в хр. Джетымтау представлены ичкебашской свитой, залегающей согласно, иногда с размывом, на отложениях кокбельской и олджобайской свит (рис. 2). В разрезе свиты преобладают мелководно-морские и дельтовые фации, представленные песчаниками, алевролитами и аргиллитами тёмно-зелёной и чёрной окраски. По определениям граптолитов, брахиопод, трилобитов и наутилоидей свита относится либо к сандбийскому и катийскому ярусам верхнего ордовика [4, 7, 8, 11, 12], либо к катийскому ярусу [10]. На ичкебашской свите согласно лежат крупнозернистые песчаники и конгломераты каначуйской свиты, не содержащие органических остатков и относящиеся к верхнему ордовика условно [7, 8, 10].

В бассейне р. Сарыджаз терригенный разрез начинается с сарыджазской свиты [4, 7, 8] (также именуемой восточно-сарыджазской [5, 10]), перекрывающей олджобайскую свиту в основном согласно, но иногда с размывом и линзами конгломератов в основании. В разрезе преобладают крупнозернистые песчаники, характерны пачки турбидитов, органические остатки редки. Возраст свиты обычно оценивается в пределах среднего-позднего ордовика по аналогии с ичкебашской свитой [4, 7, 8], однако единичные находки конодонтов дапингского яруса, в отложениях, отнесённых к сарыджазской свите, позволяют предполагать среднеордовикский возраст пород [5, 10]. Вопрос о возрасте свиты требует уточнения. Верхние горизонты ордовикского разреза в бассейне р. Сарыджаз представлены мелководными массивными и косослоистыми песчаниками, известняками и конгломератами тезской свиты, залегающей с несогласием на различных горизонтах нижнего палеозоя или на неопротерозойских гранитах. По определениями многочисленных окаменелостей тезская свита относится к катийскому ярусу верхнего ордовика [7, 8, 10].

МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Для изучения обломочных цирконов было отобрано три образца среднезернистых песчаников из разрезов сарыджазской и ичкебашской свит. Образец А1918 (42°15'10" с. ш. 79°06'24" в. д.) взят в западном борту долины р. Оттук севернее

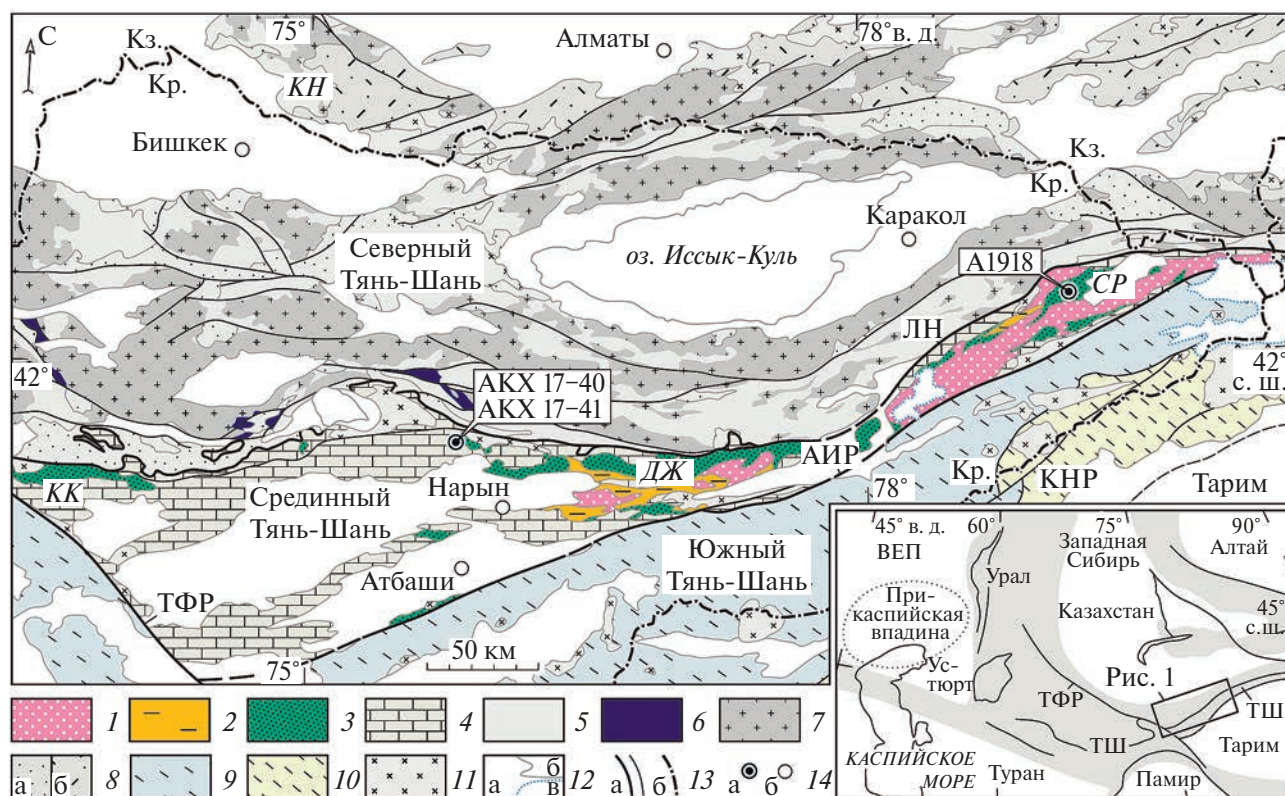


Рис. 1. Геологическая карта района работ (по [3, 6] с изменениями). 1–4 – Срединный Тянь-Шань: 1 – гнейсы архея(?) и палеопротерозоя (комплекс Куйлю), вулканиты и граниты тония, 2 – терригенные отложения криогения и эдиакария, 3 – сланцы, карбонаты, кремни, песчаники нижнего палеозоя, 4 – терригенные и карбонатные толщи девона, карбона и перми; 5–8 – Северный Тянь-Шань: 5 – докембрий и нижний палеозой, 6 – офиолиты Киргизско-Терской зоны, 7 – гранитоиды кембрия, ордовика и силура, 8 – терригенные (а) и вулканогенные (б) толщи девона, карбона и перми; 9 – Южный Тянь-Шань; 10 – деформированные толщи окраины Тарима в пределах Южного Тянь-Шаня; 11 – позднепалеозойские гранитоиды; 12 – отложения мезозоя и кайнозоя (а), водоёмы (б), ледники (в); 13 – разломы главные и второстепенные (а), государственные границы (б); 14 – датированные образцы (а), населённые пункты (б). На врезке – положение района работ в структуре Урало-Монгольского пояса. ДЖ – хр. Джетымтау, КН – хр. Кендыктас, КК – хр. Кёкиримтау, СР – р. Сарыджаз; ЛН – Линия Николаева, АИР – Атбаш-Иныльчекский разлом, ТФР – Таласо-Ферганский разлом, Кр. – Кыргызстан, Кз. – Казахстан, КНР – Китай, ТШ – Тянь-Шань, ВЕП – Восточно-Европейская платформа.

слияния с р. Сарыджаз (рис. 1) из нижней части сарыджазской свиты в ~50 м выше её подошвы, в пачке массивных песчаников, слагающих здесь ядро синклинали. Два других образца АКХ17-40 и АКХ17-41 отобраны вдоль трассы Бишкек–Нарын в хр. Байдулы (рис. 1) в восточном борту долины р. Кара-Унжюр из верхней части ичкебашской свиты, слагающей здесь обширную погружающуюся на юго-восток моноклинали. Образец АКХ17-40 (41°40'44.5" с.ш. 75°47'26.8" в.д.) взят в кровле ичкебашской свиты непосредственно ниже красноцветных конгломератов среднего-верхнего девона, лежащих с разрывом и пологим (первые градусы) угловым несогласием. Образец АКХ17-41 (41°41'22.5" с. ш. 75°45'53.9" в. д.) отобран ниже по разрезу в ~2.5 км к северо-западу от образца АКХ17-40.

Все изученные песчаники характеризуются незрелым составом. Образец А1918 представлен среднезернистым литаренитом со значительным, не менее 40%, содержанием обломков пород, среди которых преобладают в различной степени метаморфизованные терригенные породы при подчинённом распространении обломков магматических и метаморфических пород. В образцах среднезернистых песчаников АКХ17-40 и АКХ17-41 возрастает содержание кварца и полевых шпатов и по составу они ближе к аркозовым аренитам. Среди обломков пород присутствуют терригенные породы, граниты и метаморфические породы.

Выделение обломочных цирконов проводилось по стандартной методике с применением тяжёлых жидкостей. Отобранные для

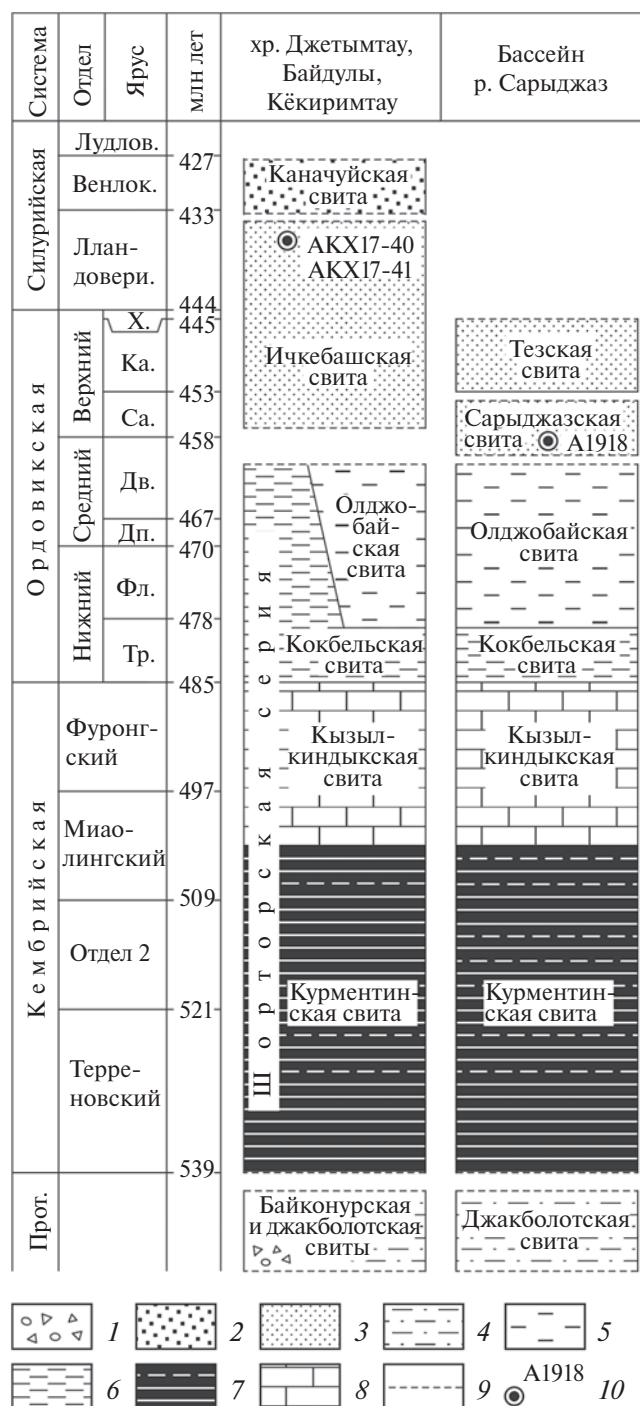


Рис. 2. Схема стратиграфической корреляции разрезов нижнего палеозоя Срединного Тянь-Шаня (по [4, 5, 7, 8, 10] с изменениями). 1 – диамиктиты; 2 – конгломераты и песчаники; 3 – песчаники и алевролиты; 4 – алевролиты; 5 – кремни, яшмы, кремнистые алевролиты с горизонтами песчаников; 6 – глинистые и кремнистые сланцы с прослоями карбонатов; 7 – кремни и углеродистые сланцы; 8 – известняки; 9 – границы, требующие уточнения возраста; 10 – датированные образцы и их номера (эта статья).

датирования зёрна варьируют по размеру от 100 до 250 мкм. Зёрна с палеозойскими возрастами, доминирующие в образцах АКХ17-40 и АКХ17-41 из ичкешайской свиты, представлены в основном хорошо сохранившимися кристаллами призматического габитуса с удлинением от 2 до 3.5. Зёрна протерозойского и архейского возраста, присутствующие во всех образцах и наиболее многочисленные в образце А1918 из сарыджазской свиты, напротив, имеют в различной степени округлые формы, иногда близкие к эллипсам. Большинство зёрен демонстрирует осцилляторную зональность в режиме катодолюминесценции и имеет низкие (<10) U/Th -отношения, что предполагает магматическое происхождение цирконов [13]. Метаморфогенные цирконы с U/Th -отношениями более 10 представлены единичными зёрнами.

$U-Pb$ -датирование цирконов выполнено методом LA-ICP-MS. Цирконы из образцов АКХ17-40 и АКХ17-41 датированы в Канадском центре изотопного микроанализа в университете штата Альберта (Эдмонтон, Канада) на масс-спектрометре ICAP-Q с лазером New Wave UP-213. Цирконы из образца А1918 датированы в ЦКП “Геодинамика и геохронология” Института земной коры СО РАН (Иркутск) с использованием масс-спектрометра Agilent 7900 с эксимерным лазером Analyte Excite. В образцах АКХ17-40 и АКХ17-41 было датировано по 130 зёрен и в образце А1918 датировано 126 зёрен. Для цирконов с возрастaми менее 1000 млн лет возраст определялся по отношению $^{206}Pb/^{238}U$, и дискордантность – по отношениям $^{206}Pb/^{238}U - ^{207}Pb/^{235}U$, а для цирконов с возрастaми 1000 млн лет и древнее возраст определялся по отношению $^{207}Pb/^{206}Pb$, и дискордантность – по отношениям $^{206}Pb/^{238}U - ^{207}Pb/^{206}Pb$. Для построения диаграмм и дальнейшей интерпретации использовались $U-Pb$ -анализы с дискордантностью менее 10% и не требующие поправок на обыкновенный свинец. В образцах АКХ17-40, АКХ17-41 и А1918 их количество составляет 120, 98 и 110 анализов соответственно. Результаты датирования представлены на диаграммах плотности распределения вероятности (Probability Density Plots – PDP) (рис. 3), где также обозначены возраста статистически значимых максимумов, рассчитанных в макросе AgePick [13] и образованных тремя и более зёрнами. Средневзвешенный возраст наиболее молодых зёрен рассчитывался для значений возрастa, перекрывающихся в пределах погрешности на уровне 2σ .

В образце A1918 возрасты 110 зёрен, удовлетворяющие критерию дискордантности, варьируют от 454 ± 28 до 3238 ± 47 млн лет (рис. 3 а). Выделяются 3 группы возрастов: 1) раннепалеозойско-мезопротерозойская 454–1421 млн лет (69 зёрен), образующие основной пик с возрастом 979 млн лет, серию сближенных пиков с возрастaми 745, 796 и 833 млн лет и небольшие пики с возрастaми 601 и 1314 млн лет. Необходимо отметить, что палеозойские возрасты имеют лишь 3 зерна. 2) Раннемезопротерозойско–палеопротерозойская 1566–2055 млн лет (19 зёрен) с крупным пиком с возрастaм 1771 млн лет и двумя малыми пиками с возрастaми 1581 и 2035 млн лет и 3) раннепалеопротерозойско–мезоархейская 2198–2818 млн лет (21 зерно) с крупным пиком с возрастaм 2462 млн лет и двумя малыми пиками с возрастaми 2210 и 2394 млн лет. Присутствует единичное палеоархейское зерно с возрастaм 3238 ± 47 млн лет. Возраст наиболее молодого пика составляет 601 млн лет, и средний возраст наиболее молодых зёрен, перекрывающихся в пределах погрешности (3 анализа), составляет 520 ± 57 млн лет (рис. 3 а).

Образцы AKX17-40 и AKX17-41 имеют сходное распределение возрастов обломочных цирконов. В образце AKX17-40 возрасты 120 зёрен, удовлетворяющие критерию дискордантности, варьируют от 428 ± 9 до 3144 ± 39 млн лет (рис. 3 б). Выделяются 4 группы возрастов: 1) раннепалеозойская 428–516 млн лет (44 зерна) с узким доминирующим пиком, имеющим возраст 447 млн лет. Характерно присутствие зёрен с силурийскими возрастaми в диапазоне от 428 ± 9 до 443 ± 10 млн лет (14 зёрен). 2) неопротерозойско–мезопротерозойская 671–1442 (40 зёрен), с серией небольших пиков с возрастaми 796, 945, 975, 1059, 1186, 1422 млн лет; 3) позднепалеопротерозойская 1701–1899 (9 зёрен) с двумя слабовыраженными пиками с возрастaми 1730 и 1803 млн лет и 4) раннепалеопротерозойско–архейская 2413–2528 млн лет (17 зёрен) с пиком с возрастaм 2473 млн лет. Единичные зёрна неопротерозойского, мезопротерозойского, палеопротерозойского и архейского возрастов не образуют статистически значимых пиков. Среднее значение возрастов наиболее молодых зёрен, перекрывающихся в пределах погрешности (20 анализов), составляет 439 ± 3 млн лет, и возраст наиболее молодого пика 447 млн лет (рис. 3 б).

В образце AKX17-41 возрасты 98 зёрен, удовлетворяющие критерию дискордантности, варьируют от 417 ± 12 до 3144 ± 32 млн лет (рис. 3 в). Преобладают зёрна палеозойского возрастa 417–501 (58 зёрен), образующие узкий, резко

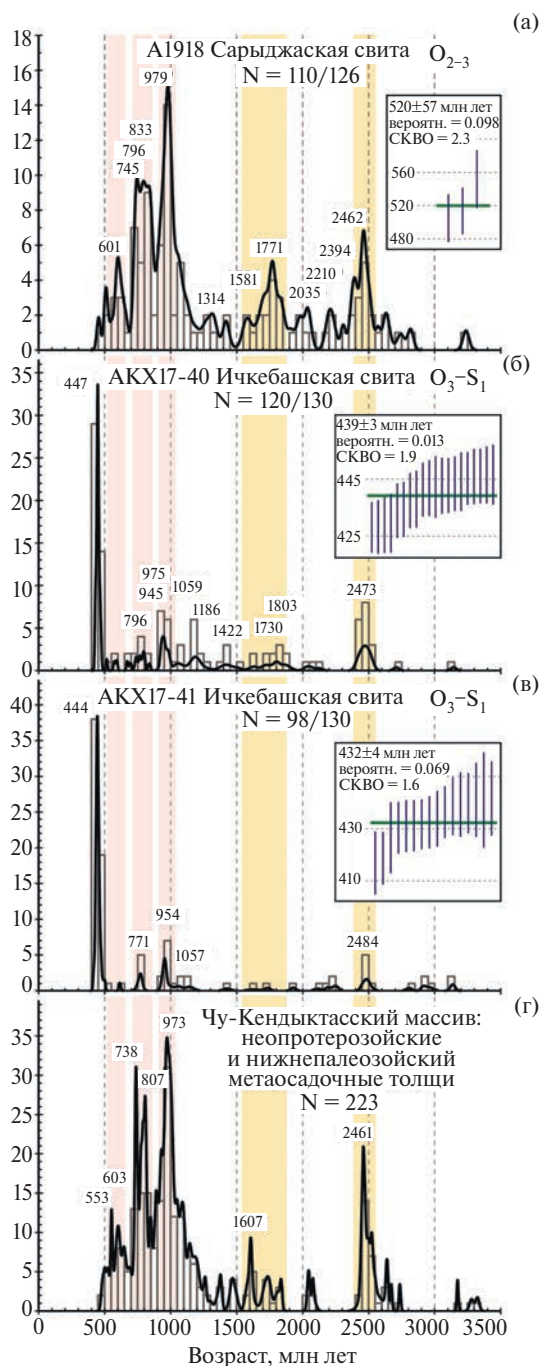


Рис. 3. Графики плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов обломочных цирконов в породах (а) сарыджазской и (б, в) ичкебашской свит Срединного Тянь-Шаня (эта статья), и (г) в неопротерозойских и нижнепалеозойских метасадочных толщах Чу-Кендыктасского массива по данным [14–19]. На графиках указаны возрасты максимумов в млн лет, рассчитанные в программе Age Pick. N – число анализов, вынесенных на диаграмму, и общее число датированных зёрен в образце. На врезках рис. 3 а–в показаны средневзвешенные возрасты наиболее молодых зёрен (не менее трёх), возраст которых перекрывается в пределах погрешности на уровне 2σ .

доминирующий пик с возрастом 444 млн лет. В этой группе 25 зёрен имеют силурийские возрасты в диапазоне от 417 ± 12 до 443 ± 12 млн лет. Остальные зёрна образуют несколько групп с небольшими пиками 771, 954, 1057 и 2484 млн лет. Среднее значение возрастов наиболее молодых зёрен, перекрывающихся в пределах погрешности (16 анализов), составляет 432 ± 4 млн лет, и возраст наиболее молодого пика 444 млн лет (рис. 3 в).

ОБСУЖДЕНИЕ

Образец A1918 песчаника из нижней части сарыджазской свиты содержит лишь единичные палеозойские цирконы, и возраст наиболее молодого зерна 454 ± 28 млн лет не позволяет уточнить возраст свиты, принимаемый по палеонтологическим данным в пределах среднего – верхнего ордовика [7, 8, 10].

Присутствие многочисленных обломочных цирконов силурийского возраста, на которые приходится >10% и >25% от общего числа зёрен в образцах АКХ17-40 и АКХ17-41, соответственно, свидетельствует, что верхние горизонты ичкебашской свиты относятся к силуру. Средние значения возрастов наиболее молодых популяций 439 ± 3 и 432 ± 4 млн лет предполагают раннесилурийский возраст пород. Отсутствие находок силурийской морской фауны в ичкебашской свите, по-видимому, определяется преимущественным развитием дельтовых фаций в верхней части разреза. С учётом ранее опубликованных палеонтологических определений [4, 7, 8, 11, 12] и полученных нами U–Pb-датировок, стратиграфический объём ичкебашской свиты может быть определён в пределах от сандбийского яруса верхнего ордовика до нижнего силура. Каначуйская свита, лежащая стратиграфически выше ичкебашской свиты и условно относившаяся к верхнему ордовика [7, 8], также, по-видимому, имеет возраст не древнее силура. Полученные данные свидетельствуют о присутствии силурийских отложений в центральных областях СрТШ, ранее в этом регионе не выделявшихся, и позволяют предполагать возможное присутствие терригенного силура также на продолжении структур СрТШ в Южном Казахстане в горах Джебаглы и хр. Большой Каратау.

Ориентировка косой слоистости в отложении ичкебашской свиты, указывает, что снос материала происходил с северо-запада, средний азимут транспортировки $Az \sim 140^\circ$, и это предполагает, что источником сноса являлся СТШ. Этот вывод согласуется также с результатами

датирования обломочных цирконов в образцах АКХ17-40 и АКХ17-41, в которых доминируют зёрна с возрастными от верхнего кембрия до силура (рис. 3 б, в) – синхронные основному этапу раннепалеозойского магматизма в СТШ [2, 3].

Присутствие докембрийских обломочных цирконов во всех датированных образцах и, особенно, в образце A1918 из сарыджазской свиты, где на них приходится >95% от общего числа зёрен (рис. 3 а), свидетельствует о размыве пород докембрийского возраста. Основные докембрийские пики на кривых распределения возрастов цирконов в изученных образцах проявлены в различной степени, но имеют близкие возрасты (рис. 3 а, б, в), и это предполагает, что источником докембрийских зёрен являлся единый континентальный блок. Похожее распределение возрастов докембрийских обломочных цирконов наблюдаются на сопредельных территориях в неопротерозойских и раннепалеозойских метасадочных породах Чу-Кендыктасского (Муюнкумского) массива [15–19] (рис. 3 г) протягивающегося из хр. Кендыктас в СТШ (рис. 1), и этот массив является наиболее вероятным источником сноса песчаников сарыджазской и ичкебашской свит СрТШ. Значительные количества обломков терригенных пород в изученных образцах и хорошая окатанность цирконов протерозойского и архейского возрастов свидетельствуют о перемыве и переотложении докембрийских цирконов.

Хорошая сохранность и отсутствие окатанности палеозойских цирконов свидетельствует, что их источником являлись магматические породы. Резкое увеличение доли обломочных цирконов ордовикского и силурийского возраста в отложениях ичкебашской свиты по сравнению с сарыджазской свитой может отражать либо активизацию вулканизма в СТШ в конце ордовика и силура, либо вовлечение в разрыв гранитоидов соответствующих возрастов вследствие их подъёма на уровень эрозионного среза в процессе роста орогенных сооружений СТШ. Полученные датировки показывают, что формирование передового прогиба в СрТШ происходило в целом субсинхронно с основным орогенным событием в СТШ, продолжавшимся, судя по времени завершения активного гранитоидного магматизма, до середины силура ~430 млн лет (Fig. 12 а, в [3]).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны А.К. Рыбину – директору и сотрудникам ИС РАН в г. Бишкеке за содействие в организации полевых исследований в Тянь-Шане.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена за счёт средств РНФ проект №23-27-00126.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакиров А. Б., Максумова Р. А. Геодинамическая эволюция литосферы Тянь-Шаня // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. С. 1435–1443.
2. Буртман В. С. Тянь-Шань и Высокая Азия тектоника и геодинамика в палеозое. Труды ГИН РАН. Вып. 570. М.: Геос, 2006. 214 с.
3. Alexeiev D. V., Kröner A., Kovach V. P., Tretyakov A. A., Rojas-Agramonte Y., Degtyarev K. E., Mikolaichuk A. V., Wong J., Kiselev V. V. Evolution of Cambrian and Early Ordovician arcs in the Kyrgyz North Tianshan: Insights from U-Pb zircon ages and geochemical data // Gondwana Res. 2019. V. 66. P. 93–115.
4. Неевин А. В., Бискэ Г. С., Неевин И. А. Стратиграфия нижнего палеозоя Сырдарьинского континентального массива в восточной части Срединного Тянь-Шаня в связи с вопросами палеогеографии и геодинамики // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2011. Вып. 2. С. 21–36.
5. Danelian T., Popov L. E., Tolmacheva T. Yu., Pour M. G., Neyevin A. V., Mikolaichuk A. V. Ordovician radiolaria and conodonts from the peri-Gondwanan Karatau-Naryn microplate (Sarydzhas, eastern Kyrgyzstan) // Geobios. 2011. V. 44. P. 587–599.
6. Геологическая карта Киргизской ССР, масштаб 1:500000 / Ред. С.А. Игембердиев. Л.: ВСЕГЕИ, 1982.
7. Стратифицированные и интрузивные образования Киргизии / К. О. Осмонбетов, В. И. Кнауф, В. Г. Королев (ред.). Фрунзе: АН Киргизской ССР, 1982. Т. 1. 357 с.
8. Джэнчуроева А. В., Захаров И. Л., Жуков Ю. В. и др. Стратифицированные образования Кыргызстана. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2015. 338 с.
9. Чернышук В. П. Биостратиграфия по конодонтам нижнего палеозоя Срединного Тянь-Шаня // Новые данные в биостратиграфии докембрия и палеозоя Кыргызстана / Ред. А. М. Мамбетов. Бишкек: Илим, 1993. С. 70–80.
10. Ghobadi Pour M., Popov L. E., Kim A. I., Abduazimova Z. M., Mikolaichuk A. V., Kim I. A., Ospanova N., Erina M. V., Salimova F. A., Klishevich I., Saidov M. S., Davlatov N. H., Abdiyev N. H., Koldybekov O. Ya., Gordeev D., Rustamov S. T., Yangiboev S. B. The Ordovician of Central Asia (Kyrgyzstan, Uzbekistan and Tajikistan) / In: Servais T., Harper D. A. T., Lefebvre B. and Percival I. G. (eds.). A Global Synthesis of the Ordovician System: Part 2. Geological Society, London, Special Publications. 2023. V. 533. P. 313–344.
11. Мисюс П. П. Брахиоподы ордовика Северной Киргизии. Фрунзе: Илим, 1986. 254 с.
12. Клишевич В. Л., Соболевская Р. Ф. Ичкебашская свита в хр. Джетымтау (Срединный Тянь-Шань) // Новые данные по биостратиграфии докембрия и палеозоя Кыргызстана / Ред. А. М. Мамбетов. Бишкек: Илим, 1993. С. 102–107.
13. Gehrels G. Detrital zircon U-Pb geochronology: current methods and new opportunities / Busby C., Azor A. (eds.). Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances. Chapter 2. Blackwell Publishing, 2012. P. 47–62.
14. Kröner A., Alexeiev D. V., Hegner E., Rojas-Agramonte Y., Corsini M., Chao Y., Wong J., Windley B. F., Liu D., Tretyakov A. A. Zircon and muscovite ages, geochemistry, and Nd-Hf isotopes for the Aktyuz metamorphic terrane: evidence for an Early Ordovician collisional belt in the northern Tianshan of Kyrgyzstan // Gondwana Res. 2012. V. 21. P. 901–927.
15. Rojas-Agramonte Y., Kröner A., Alexeiev D. V., Jeffreys T., Khudoley A. K., Wong J., Geng H., Shu L., Semiletkin S. A., Mikolaichuk A. V., Kiselev V. V., Yang J., Seltmann R. Detrital and igneous zircon ages for supracrustal rocks of the Kyrgyz Tianshan and palaeogeographic implications // Gondwana Res. 2014. V. 26. P. 957–974.
16. Skoblenko A. V., Degtyarev K. E., Kanygina N. A., Pang K.-N., Lee H.-Y. Precambrian and Early Palaeozoic metamorphic complexes in the SW part of the Central Asian Orogenic Belt: Ages, compositions, regional correlations and tectonic affinities // Gondwana Res. 2022. V. 105. P. 117–142.
17. Skoblenko (Pilitsyna) A. V., Kanygina N. A., Tretyakov A. A., Degtyarev K. E., Nguyen T. T., Pang K.-N., Sheshukov V. S., Erofeeva K. G. Latest Cambrian stage of evolution of Precambrian continental crust in the Aktyuz high-pressure Complex (Chu-Kendykta terrane; North Tien Shan): New evidence from the SW part of the Central Asian Orogenic Belt // J. of Geodynamics. 2023. V. 155. P. 101955.
18. Tretyakov A. A., Pilitsyna A. V., Degtyarev K. E., Salnikova E. B., Kovach V. P., Lee H. Y., Batanova V. G., Wang K.-L., Kanygina N. A., Kovalchuk E. V. Neoproterozoic granitoid magmatism and granulite metamorphism in the Chu-Kendykta terrane (Southern Kazakhstan, Central Asian Orogenic Belt): Zircon dating, Nd isotopy and tectono-magmatic evolution // Precamb. Res. 2019. V. 332. 105397.
19. Xi W., Li N., Xia X., Ling X., Wu Y. Geochronological constraint on the evolution of the Aktyuz Terrane, Kyrgyz North Tianshan, and the fate of the Taldybulak Levoberezhny gold deposit // Front. Earth Sci. 2021. V 9. P. 664361.

ORDOVICIAN AND SILURIAN SILICICLASTIC STRATA OF THE MIDDLE TIANSHAN (EASTERN KYRGYZSTAN): AGE AND PROVENANCE ACCORDING TO THE DETRITAL ZIRCON DATING

D. V. Alexeiev^{a,b,#}, A. K. Khudoley^b, S. A. DuFrane^c,
A. V. Kushnareva^b, N. V. Bryanskiy^{d,e}, A. A. Karimov^{d,e}

Presented by the Academician of the RAS K.E. Degtyarev January 17, 2024.

^a*Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

^b*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation*

^c*Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada*

^d*Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation*

^e*A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, Russian Federation*

[#]*E-mail: dvalexeiev@mail.ru*

Detrital zircon dating allows us to elucidate the age and provenance of siliciclastic strata of the Sarydjaz and Ichkebash formations in the Middle Tianshan of eastern Kyrgyzstan, previously thought to be of the Middle or Late Ordovician age. New data indicate that the upper part of the Ichkebash Formation contains Lower Silurian strata, previously unknown in this region. The Kanachu Formation, which lies stratigraphically above, is also not older than the Silurian in age. The absence of marine fauna at these levels apparently reflects the predominant development of deltaic facies. The paleocurrent indicators and the ages of detrital zircons point at the provenance in the North Tianshan (NTS). Grains with ages from the Late Cambrian to the Silurian, synchronous with the main stage of the Early Paleozoic magmatism in the NTSh, predominate in the Ichkebash Formation. The occurrence of Precambrian detrital zircons in all dated samples and especially in the Sarydjaz Formation indicates the erosion of Precambrian rocks. The provenance most likely located in the Chu-Kendyktas Massif, where Precambrian detrital zircons in Neoproterozoic and Early Paleozoic metasedimentary rocks demonstrate a similar age distribution. The foredeep in the Middle Tianshan was formed in the Late Ordovician and Early Silurian generally subsynchronously with the main orogenic event in the NTS.

Keywords: detrital zircons, U-Pb dating, Ordovician, Silurian, Middle Tianshan