

УДК 551.73

СТРАТИГРАФИЯ КЕМБРИЙСКО-НИЖНЕОРДОВИКСКИХ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ САРЫСУ-ТЕНИЗСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН): ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗРАСТА¹

А. А. Третьяков^{1,*}, А. Н. Журавлев¹, Н. А. Каныгина¹, Т. Ю. Толмачева², К. Е.

Дегтярев¹, А. С. Дубенский¹, К. Г. Ерофеева¹, В. С. Шешуков¹

¹Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П.

Карпинского, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: and8486@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.08.2025 г.

После доработки 13.10.2025 г.

Принята к публикации 12.11.2015 г.

Приведены результаты геологического, геохронологического и микропалеонтологического изучения кембрийско-ордовикских вулканогенных и осадочных образований Сарысу-Тенизского водораздела на западе Центрального Казахстана, позволившие детализировать их стратиграфическое расчленение. Показано, что их формирование охватывало интервал от конца раннего кембрия (~515 млн лет) до конца среднего ордовика. Впервые сделанные находки конодонтов позволили расширить возрастной диапазон накопления кремнисто-терригенных толщ (кушекинская свита), охватывающий интервал от верхов флосского яруса до дарривильского яруса нижнего и среднего ордовика. Результаты U–Th–Pb изотопно-геохронологического (LA-ICP-MS) изучения обломочного циркона из песчаников свидетельствуют о преобладании докембрийских источников сноса при накоплении нижне-среднеордовикских толщ (кокдомбакская, кушекинская свиты). Показано, что изученные комплексы Сарысу-Тенизского водораздела являются стратиграфическими и фациальными аналогами вулканогенных и осадочных комплексов Джалаир-Найманской зоны, формирование которых было связано с эволюцией кембрийско-раннеордовикской островодужной системы.

Ключевые слова: кембрий, ордовик, эфузивы, песчаники, конодонты, обломочные цирконы

¹ Электронные дополнительные материалы (ESM) для этой статьи доступны по ссылке [https://doi.org/...](https://doi.org/) для авторизованных пользователей.

ВВЕДЕНИЕ

В Центрально-Азиатском орогенном поясе широко распространены нижнепалеозойские вулканогенно-осадочные и плутонические комплексы, формирование которых связано с эволюцией островодужных систем различного типа. В западной части пояса, которая включает палеозоиды Казахстана и Тянь-Шаня, эти комплексы приурочены в основном к Кокчетав-Северотяньшаньской и Бощекуль-Чингизской складчатым областям (рис. 1). В Кокчетав-Северотяньшаньской области, которая охватывает Северный, Южный Казахстан и запад Центрального Казахстана, а также Северный Тянь-Шань, островодужные образования кембрия–ордовика совмещены с блоками, имеющими докембрийскую континентальную кору. В строении Бощекуль-Чингизской области, расположенной на северо-востоке и востоке Казахстана, сочетаются образования островных дуг и бассейнов с океанической корой, а докембрийские комплексы отсутствуют.

В Кокчетав-Северотяньшаньской области изучению стратиграфии нижнепалеозойских вулканогенно-осадочных комплексов посвящено значительное количество работ, при этом наиболее детальное расчленение и обоснование возраста было выполнено для средне-верхнеордовикских толщ Степняк-Бетпакдалинской, Селеты-Чулийской и Северо-Тяньшаньской зон (Никитин, 1972; Чу-Илийский..., 1980; Геология..., 1987; Зима и др., 1990; Решения..., 1991). Кембрийско-нижеордовикские стратифицированные комплексы Кокчетав-Северотяньшаньской области изучены гораздо слабее, что связано с их большей дислоцированностью и крайне редкими находками остатков макрофaуны (Геология..., 1971, 1972, 1987; Ившин, 1978). Только в последние десятилетия благодаря сборам конодонтов и применению геохронологических методов стали появляться более обоснованные схемы расчленения образований этого возраста (Дегтярев, 2012; Дегтярев и др., 2012, 2023; Degtyarev et al., 2013, 2016, 2024; Толмачева, 2014).

Нижнепалеозойские стратифицированные образования Сарысу-Тенизского водораздела, рассматриваемые в настоящей статье, обнажены в пределах небольших горст-антиклинальных структур среди девонских и каменноугольных толщ; по строению разрезов и составу пород они традиционно относились к Степняк-Бетпакдалинской зоне. Для этой зоны характерно чередование в разрезах вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород основного и средне-основного состава с терригенными и кремнисто-терригенными толщами. Основной этап изучения комплексов Сарысу-Тенизского водораздела приходится на 1960–1970-е годы, когда было произведено их расчленение на свиты, возраст которых был обоснован находками макрофaуны (трилобиты, граптолиты, брахиоподы). При этом

среди кембрийско-нижнеордовикских толщ наиболее детально были изучены нижнеордовикские кремнисто-терригенные разрезы, охарактеризованные богатыми коллекциями граптолитов и брахиопод (Четверикова, 1960; Цай, 1966; Минервин и др., 1968, 1974; Геология..., 1972; Решения..., 1991).

Задачей настоящей работы являлась детализация данных о возрастных интервалах формирования вулканогенных и осадочных толщ кембия–нижнего ордовика Сарысу-Тенизского водораздела, для чего были проведены геохронологическое изучение циркона из обломочных пород и сборы конодонтов в кремнях в междуречье Акколка–Жаксы-Кон.

СТРУКТУРНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ И ОБОСНОВАНИЕ ВОЗРАСТА ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ КЕМБРИЯ–НИЖНЕГО ОРДОВИКА

Кембрийско-нижнеордовикские вулканогенно-осадочные толщи развиты только в северной части Сарысу-Тенизского водораздела и обнажены в пределах Куюндинской, Кумколинской и Кирейской горст-антиклинальных структур по руч. Карасай и Акколка, р. Жаксы-Кон, в окрестностях горы Күшеке и оз. Куюнды (рис. 2).

Самой древней является вулканогенная карымбайская свита, которая в наиболее полном разрезе по руч. Карасай сложена порфировыми и миндалекаменными эфузивами, лавобрекчиями, туфами базальтового, андезибазальтового и андезитового состава мощностью до 1500 м. Структурно ниже эфузивов залегают сланцы и кварцитосланцы, условно относящиеся к докембрию. На контакте кварцитосланцев и эфузивов отмечается горизонт брекчий, вероятно тектонических, с обломками андезибазальтов и сланцев (Геология..., 1972). Разрез по левому берегу р. Жаксы-Кон в низах сложен миндалекаменными клинопироксен-плагиоклазовыми базальтами, чередующимися с маломощными (до 5 см) горизонтами тонкослоистых кремнистых туфитов, которые вверх по разрезу сменяются пачкой лито- и кристаллокластических туфов базальтового состава, переслаивающихся с туфитами и кремнистыми алевролитами. Мощность свиты здесь составляет до 150 м. Карымбайская свита не содержит органических остатков и условно относится к нижнему–среднему кембрию на основании данных о позднекембрийском возрасте вышележащей акколкинской свиты. Она с несогласием и мощной (до 300 м в опорном разрезе р. Жаксы-Кон) пачкой валунных и валунно-галечных конгломератов в основании залегает на вулканитах карымбайской свиты. Валуны и гальки хорошо окатаны и сложены порфировыми вулканитами среднего и основного состава. Выше залегают чередующиеся песчаники, туфопесчаники, туфиты, алевролиты, известковистые алевролиты с линзами известняков. Общая мощность свиты превышает 1000 м. В разрезах по руч. Карасай и Акколка возрастает роль грубообломочных пород, а низах могут

появляться мощные пачки туфов среднего состава (Геология..., 1972). Вулканомиктовые песчаники акколкинской свиты имеют среднезернистую структуру и состоят из неокатанных обломков плагиоклаза переменного состава от андезина до лабрадора (~40% от общего числа зерен), моноклинного пироксена (~20%), амфибола (~0%), эпидота (~10%), клинопироксен-плагиоклазовых, плагиоклазовых эфузивов базальтового и андезитового состава (~20%), также встречаются единичные обломки кремнистых алевролитов и кварца. Кремнистый цемент составляет от 40 до 50% от общего объема породы.

В известняках были собраны трилобиты, которые определены Н.В. Покровской и Н.К. Ившиным как *Kaninia cf. lata* Walcott et Resser, *Dolgaia* Walcott et Resser, *Pesaia Dorypygella* Walcott, *Teiniaton* Monkem, *Glypagnostus* White, что свидетельствует о принадлежности вмещающих пород к сакскому ярусу верхнего кембрия (Решения..., 1991).

Кокдомбакская свита согласно залегает на акколкинской свите и сложена невыдержанно-ритмичным переслаиванием пестроокрашенных песчаников, гравелитов, алевролитов, красных кремнистых алевролитов, аргиллитов и яшм. Нижняя часть свиты представлена в основном тонкозернистыми и кремнистыми породами, а в верхах резко преобладают песчаники и отсутствуют кремнистые разности. Мощность свиты в опорном разрезе по р. Жаксы-Кон составляет 650–750 м, а по руч. Карасай не менее 750 м (Геология..., 1972; Минервин и др., 1974). Песчаники кокдомбакской свиты в основном представлены средне-крупнозернистыми граувакковыми разностями. В обломках преобладают плагиоклазовые андезиты (~30% от общего числа зерен), хлоритизированные базальты (~20%), граниты с графической микроструктурой (~10%), кремнистые алевролиты (~10%), а также присутствуют рассланцовые риодакиты, филлитовидные и эпидот-амфиболовые сланцы. Реже встречаются обломки кварца, плагиоклаза, клинопироксена, амфибола, эпидота и щелочного полевого шпата. Кремнисто-глинистый цемент составляет до 30% от общего объема породы.

В кремнистых алевролитах и аргиллитах нижней части разреза свиты собраны беззамковые брахиоподы: *Broggeria salteri* (Hall), *Obolus feistmanteli* (Barrande), *Lingulella lepis* Salter, *L. concinna* Matthew, *L. ferruginea* Salter, *Acrotreta sabrinae* (Colloway), свидетельствующие, по заключению Р.Г. Теняковой, о тремадокском возрасте этой части кокдомбакской свиты. В верхней части свиты к северу от горы Кушеке обнаружен другой комплекс брахиопод: *Paracraniops* sp., *Craniops* aff. *tenuis* Cooper, *Pachyglossella* (?) *elder* (Whitfield) и др., который позволяет отнести верхи свиты к низам аренигского (флосского) яруса нижнего ордовика (Минервин и др., 1974).

Вышележащая кушекинская свита, распространенная в основном на левом берегу р. Жаксы-Кон, в районе горы Кушеке и на мелкосопочнике к востоку от оз. Куюнды, с

небольшим несогласием и конгломератами в основании перекрывает кокдомбакскую свиту. В разрезе кушекинской свиты могут быть выделены три пачки: нижняя, сложенная кварцевыми песчаниками с прослойми алевролитов, кремнистых алевролитов и яшм, мощностью до 400 м; средняя, представленная пестроокрашенными кремнистыми алевролитами, аргиллитами, кремнями, красными яшмами с многочисленными остатками радиолярий и углеродисто-известковистыми алевролитами с остатками граптолитов, беззамковых брахиопод и ракообразных, мощностью около 200 м; и верхняя, включающая разнообразные песчаники, туфопесчаники, алевролиты, реже встречаются яшмы, линзы туфов средне-основного состава и известняков, в алевролитах содержатся те же органические остатки, но худшей сохранности, мощностью 300–350 м. Общая мощность кушекинской свиты около 1000 м (Минервин и др., 1974). Крупно-среднезернистые песчаники нижней части кушекинской свиты в основном сложены обломками кварца, реже турмалина и мусковита, которые погружены в железисто-кремнистый цемент, составляющий до 30% от общего объема породы.

В породах кушекинской свиты ранее были сделаны богатые сборы граптолитов и беззамковых брахиопод, которые изучались Б.М. Келлером, Д.Т. Цаем, Р.Г. Теняковой и Л.Е. Поповым. Более древний комплекс граптолитов *Isograptus gibberulus* (Nicholson), *Tetragraptus bigsbyi* (Hall), *T. (Eotetragraptus) quadribrachiatus* (Hall), *Phyllograptus anna* (Hall), *Trigonograptus ensiformis* (Hall), *Corymbograptus deflexus* (Elles et Wood), *Expansograptus ex gr. hirundo* (Salter), *E. extensus* (Hall), *I. maxima-divergens* (Harris), *I. manubriatus* (Hall) и брахиопод *Spinilingula bracteata* Krause et Rowell, *Linulella lata* (Kolicha) и *Dictyonites* sp. (Геология..., 1972; Решения..., 1991) позволяет относить нижнюю часть свиты к верхам аренигского яруса нижнего ордовика (в настоящее время дапинский ярус среднего ордовика). Более молодой комплекс представлен граптолитами *Phyllograptus ex gr. walkeri* Ruedemann, *Trigonograptus ensiformis* (Hall), *Didymograptus bifidus* (Hall), *Expansograptus ex gr. suecicus* (Tullberg), *Glyptograptus dentatus* (Brongniart), *Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson) (Цай, 1966), которые указывают на то, что верхи разреза кушекинской свиты могут быть отнесены к лланвирнскому (ныне дарривильскому) ярусу среднего ордовика.

ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД

Для обоснования нижнего возрастного предела формирования обломочных пород акколкинской, кокдомбакской и кушекинской свит и установления возраста комплексов в источниках сноса были проведены U–Th–Pb геохронологические исследования обломочного циркона. Выделение циркона проводилось в ГИН РАН по стандартной

методике с использованием тяжелых жидкостей. Цирконы были вмонтированы в эпоксидную смолу и отполированы примерно до половины толщины зерна, затем изучены в проходящем свете, в режимах отраженных электронов и катодолюминесценции на сканирующем электронном микроскопе Tescan VEGA3 (TESCAN, Чехия) в лаборатории физических методов изучения породообразующих минералов ГИН РАН, что позволило выявить внутреннюю структуру зерен и выбрать наиболее подходящие участки для дальнейших исследований.

U–Th–Pb датирование циркона выполнено методом LA-ICP-MS в лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН с использованием системы лазерной аблации NWR-213 (Electro Scientific Ind.), совмещенной с магнито-секторным ICP масс-спектрометром высокого разрешения Element2 (Thermo Scientific Inc.) по методике (Erofeeva et al., 2024).

Анализы проводились в точке с диаметром 25 мкм в течение 25 сек. после 15–секундных измерений фона. Калибровка выполнялась с использованием стандарта циркона GJ-1, для которого принят возраст 601.9 ± 0.4 млн лет (метод CA-ID-TIMS) (Horstwood et al., 2016). В качестве вторичных стандартов использовались эталонные цирконы 91500 (Wiedenbeck et al., 1995, 2004) и Plesovice (Sláma et al., 2008) с принятymi возрастами 1063.5 ± 0.4 млн лет согласно методу CA-ID-TIMS и 337.2 ± 0.1 млн лет соответственно (Horstwood et al., 2016). Полученные данные обрабатывались с использованием программ GLITTER (Griffin et al., 2008, www.mq.edu.au/GEMOC). Коррекция общего свинца была выполнена при помощи программы ComPbCorr 3.18 (Andersen, 2002, 2008).

Возрасты были рассчитаны с использованием Isoplot v. 4.15 (Ludwig, 2008) и Isoplot R (Vermeesch, 2018) для анализов, характеризующихся дискордантностью $|D| < 10\%$. Для циркона с возрастами менее 1000 млн лет возраст определялся по отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, а для цирконов с возрастами 1000 млн лет и древнее – по отношению $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Дискордантность D рассчитывалась по формуле: $D = 100 \% \times [1 - \text{возраст} (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U})/\text{возраст} (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})]$ для зерен с возрастами менее 1000 млн лет; $D = 100 \% \times [1 - \text{возраст} (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})/\text{возраст} (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})]$ для зерен с возрастами более 1000 млн лет.

Расчет основных возрастов статистически значимых максимумов, образованных тремя и более зернами, выполнен в программе AgePick (Gehrels, 2012).

Вулканомиктовые песчаники акколкинской свиты (проба СТ-2328: $49^{\circ}38'53.71''$ с.ш., $68^{\circ}58'34.46''$ в.д., рис. 2). Зерна циркона имеют размер от 50 до 120 мкм и представлены в основном бесцветными и прозрачными кристаллами окатанной формы с коэффициентом удлинения от 1.0 до 2.7. В режиме катодолюминесценции большинство зерен имеют магматическую зональность, значения Th/U отношения изменяются от 0.1 до 1.2 (см. ESM).

Совокупность этих признаков указывает на магматическое происхождение изученных зерен циркона. Из 120 изученных зерен обломочного циркона получены 109 конкордатных оценок возраста с преобладающим интервалом от 484 до 561 млн лет и единственным максимумом 516 млн лет (см. ESM; табл. 1, рис. 3). Для единичных зерен получены ранненеопротерозойские (780 ± 10 и 861 ± 11 млн лет) оценки возраста.

Полимиктовые песчаники кокдомбакской свиты (проба СТ-2329: $49^{\circ}38'44.55''$ с.ш., $68^{\circ}58'58.14''$ в.д., рис. 2). Зерна циркона имеют размер от 80 до 250 мкм и представлены бесцветными и прозрачными кристаллами окатанной формы и со сглаженными гранями, коэффициент удлинения которых от 1.0 до 2.5. В режиме катодолюминесценции для большинства зерен характерна магматическая зональность, значения Th/U отношения меняются от 0.1 до 2.5 (см. ESM). Эти признаки указывают на магматическое происхождение этого циркона. Из 120 изученных зерен обломочного циркона получено 105 конкордатных оценок возраста с интервалом значений от 484 до 1573 млн лет и основными максимумами 518, 799, 978, 1093, 1157, 1348 и 1532 млн лет (см. ESM; табл. 1, рис. 3). Также присутствуют зерна с палеопротерозойскими оценками возраста в интервале от 2289 до 2564 млн лет и максимумами 2441 и 2528 млн лет (см. ESM; табл. 1, рис. 3). Единичные зерна имеют архейский возраст (2975 ± 8 , 3108 ± 9 и 3621 ± 8 млн лет).

Кварцевые песчаники кушекинской свиты (проба СТ-2315: $49^{\circ}38'31.74''$ с.ш., $68^{\circ}58'42.41''$ в.д., рис. 2). Зерна циркона имеют размер от 80 до 200 мкм, представлены бесцветными и прозрачными кристаллами окатанной формы и со сглаженными гранями, с коэффициентом удлинения от 1.0 до 2.3. В режиме катодолюминесценции большинство зерен имеют магматическую зональность, значения Th/U отношения меняются от 0.1 до 1.8 (см. ESM). Все эти признаки указывают на магматическое происхождение этого циркона. Из 120 изученных зерен обломочного циркона получено 112 конкордатных оценок возраста с интервалом значений от 553 до 1767 млн лет и основными максимумами 554, 854, 987, 1125, 1194, 1453 и 1694 млн лет (см. ESM; табл. 1, рис. 3). Для ряда зерен получены неоархейско-раннепалеопротерозойские оценки возраста в интервале от 2343 до 2602 млн лет с максимумом 2517 млн лет (см. ESM; табл. 1, рис. 3). Единичные зерна имеют мезоархейский и палеоархейский возрасты (3070 ± 9 и 3631 ± 8 млн лет).

МИКРОПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕМНИСТЫХ ПОРОД КУШЕКИНСКОЙ СВИТЫ

При изучении кремнисто-терригенного разреза кушекинской свиты на опорном участке в окрестностях горы Кушеке на трех уровнях в серых плитчатых кремнях и кремнистых алевролитах впервые были обнаружены конодонты (рис. 4). Кроме

конодонтовых элементов, в кремнях присутствует большое количество остатков панцирей пелагических артропод, отдельные фрагменты граптолитов и радиолярий.

На нижнем уровне (точка СТ-2316: 49°38'31.74" с.ш., 68°58'42.41" в.д.) обнаружены немногочисленные элементы видов *Oepikodus evae* Lindström, 1954, *Paroistodus parallelus* Lindstrom, 1955, *Periodon* cf. *P. Flabellum*, *Drepanodus arcuatus* Pander, 1856, *Acodus* sp., характерные для зоны *Oepikodus evae* верхней половины флосского яруса нижнего ордовика.

Для среднего уровня (точка СТ-2313: 49°38'37.37" с.ш., 68°58'55.28" в.д.) характерны редкие элементы видов *Oepikodus intermedius* (Serpagli, 1974), *Paroistodus parallelus* Lindstrom, 1955, *Periodon flabellum* Lindström, 1954, *Drepanodus arcuatus* Pander, 1856, *Chiganodus parilis* Tolmacheva, *Protopanderodus gradatus* (Serpagli, 1974), *Scolopodus* cf. *S. striatus* Pander, *Acodus* sp. Этот комплекс сопоставляется с самой верхней частью флосского яруса нижнего ордовика по присутствию вида *Oepikodus intermedius*, который сменяет вид *Oepikodus evae* только в самых верхах зоны *Oepikodus evae* в тропических разрезах Австралии и Китая, тогда как в относительно холодноводных отложениях Балтоскандинии он не зафиксирован. Появление в самом конце флосского яруса вида *Oepikodus intermedius* установлено и в разрезе кушекинской свиты в Северной Бетпакдале (Толмачева, 2014).

На верхнем уровне (точка СТ-2313/1: 49°38'31.74" с.ш., 68°58'42.41" в.д.) собраны только единичные элементы *Periodon flabellum* Lindström, 1954. Такая обедненная ассоциация характерна для глубоководных отложений дапинского яруса среднего ордовика, что подтверждается многочисленными данными по распространению конодонтов на этом стратиграфическом уровне в бурубайтальской свите Юго-Западного Прибалхашья (Толмачева, 2014).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные данные позволяют уточнить стратиграфический объем кембрийско-нижеордовикских толщ Сарысу-Тенизского водораздела. Полученные возрасты обломочного циркона из вулканомиктовых песчаников акколкинской свиты (проба СТ-2328) характеризуются унимодальным распределением, что может указывать на единственный источник сноса при их накоплении. Об этом же свидетельствуют состав песчаников и наличие в основании акколкинской свиты горизонта базальных конгломератов, сложенных галькой клинопироксен-плагиоклазовых базальтов и андезитов, аналогичных породам нижележащей карымбайской свиты. На этом основании предполагается, что источниками сноса для вулканомиктовых конгломератов и песчаников акколкинской свиты являлись породы карымбайской свиты, поэтому основной максимум возрастов обломочного циркона 515 ± 3 млн лет (конец раннего кембрия) может быть

принят как нижнее возрастное ограничение ее формирования. Акколкинская свита, с несогласием залегающая на карымбайской, относится к верхнему кембрию на основании находок трилобитов и согласных соотношений с вышележащей кокдомбакской свитой низов нижнего ордовика.

Раннеордовикский возраст кокдомбакской свиты, обоснованный находками беззамковых брахиопод, подтверждается данными о возрастах наиболее молодого обломочного циркона из полимиктовых песчаников – 485, 478 млн лет (проба СТ-2329). Присутствие среди обломочного циркона значительного количества зерен с оценками возраста около 518 млн лет позволяет предположить, что в источниках сноса для песчаников кокдомбакской свиты большая роль принадлежала породам карымбайской свиты.

В результате находок конодонтов расширен возрастной диапазон күшекинской свиты, который ранее охватывал только дапинский и дарривильский ярусы среднего ордовика. Находки конодонтов теперь позволяют относить нижнюю часть свиты к верхам флосского яруса нижнего ордовика. Присутствие среди обломочного циркона из кварцевых песчаников нижней части свиты только зерен с оценками возраста **древнее** 554 млн лет (проба СТ-2315) свидетельствует об отсутствии синхронного магматизма во время осадконакопления. Вулканиты и туфы здесь приурочены к верхам разреза свиты.

По многим особенностям строения и составу кембрийско-нижнеордовикские комплексы Сарысу-Тенизского водораздела хорошо коррелируются с таковыми более южных районов Кокчетав-Северотяньшаньской области, в том числе с комплексами юго-западнее расположенной Джалаир-Найманской зоны (рис. 1). Здесь широко распространены кембрийские вулканические и плутонические образования, которые сменяются нижне-среднеордовикскими терригенными и кремнисто-терригенными толщами (рис. 5) (Чу-Илийский..., 1980; Никитина и др., 2008; Degtyarev et al., 2024).

К верхам нижнего кембрия–низам среднего кембрия здесь относятся базальты, андезиты, риодакиты, риолиты, их туфы и туфоконгломераты, участвующие в строении **и** каршигалинской и восточно-дуланкаринской свит. С этими толщами связаны тоналиты и плагиограниты, для которых получены оценки возраста 518–520 млн лет (Degtyarev et al., 2024). Вулканиты и гранитоиды нижнего кембрия являются частью разреза на субдукционных офиолитах, а их формирование связывается с эволюцией ранне-среднекембрийской энсиматической островной дуги. Близкие строение и состав вулканогенных толщ Джалаир-Найманской зоны и карыбайской свиты Сарысу-Тенизского водораздела позволяют предполагать их формирование в связи с эволюцией единой островодужной системы в конце раннего–начале среднего кембрия. С эрозией нижне-

среднекембрийских островодужных вулканитов связано накопление верхнекембрийской акколкинской свиты Сарысу-Тенизского водораздела. Несмотря на резкое преобладание среди обломочного циркона раннекембрийских зерен, присутствие единичных обломков кристаллов с неопротерозойскими оценками возраста может свидетельствовать о причленении энсиматической островной дуги к блоку с докембрийской континентальной корой. Свидетельства таких же процессов отмечаются и в Джалаир-Найманской зоне, где к верхнему кембрию относится вулканогенно-осадочная сулусайская свита, содержащая потоки риолитов с возрастом 488 ± 5 млн лет (Degtyarev et al., 2024). Ее формирование происходило в пределах островодужной структуры с гетерогенным фундаментом после причленения ранне-среднекембрийской энсиматической дуги к Чуйско-Кендыктасскому континентальному блоку, после высокобарического метаморфизма (около 490 млн лет) и инверсии субдукции (Degtyarev et al., 2024).

Раннеордовикский этап эволюции структур, фрагменты которых участвуют в строении Сарысу-Тенизского водораздела и Джалаир-Найманской зоны, связан с завершением надсубдукционного магматизма и накоплением терригенных и кремнисто-терригенных толщ. Тремадокские образования представлены кокдомбакской свитой Сарысу-Тенизского водораздела и джамбульской свитой Джалаир-Найманской зоны. Изучение распределений возрастов обломочного циркона в этих толщах показывает, что основной вклад в их формирование внесли докембрийские источники сноса. Характерно присутствие в обеих толщах значительного количества циркона с оценками возраста около 1000 млн лет (основные максимумы) и около 2500 млн лет. При этом кембрийские источники сноса с возрастами 525–518 млн лет также играли заметную роль при осадконакоплении (особенно в кокдомбакской свите). На участие докембрийских комплексов в источниках сноса при накоплении песчаников кокдомбакской свиты также указывают присутствующие в них обломки рассланцеванных эфузивов кислого состава, эпидот-амфиболовых и филлитовидных сланцев.

Кушекинская свита верхов флоского яруса нижнего ордовика–дарривильского яруса среднего ордовика развита как на Сарысу-Тенизском водоразделе, так и в Джалаир-Найманской зоне. При этом ее стратиграфический диапазон в этих районах несколько различен, что может быть связано с разной степенью изученности. Распределение возрастов обломочного циркона в песчаниках низов кушекинской свиты Сарысу-Тенизского водораздела близко к таковому в песчаниках кокдомбакской свиты. Здесь также преобладает циркон с возрастом позднего мезопротерозоя–раннего неопротерозоя и неоархея, при существенной роли мезопротерозойских источников сноса (1125–1700 млн лет).

Необходимо отметить, что в песчаниках кокдомбакской, күшекинской и джамбульской свит в относительно небольшом объеме присутствуют зерна обломочного циркона с неопротерозойскими (~600–870 млн лет) оценками возраста. Ассоциации пород этого возраста (вторая половина тония–середина эдиакария) являются преобладающими в строении докембрийских блоков Улутау-Моюнкумской группы (Улутауский, Чуйско-Кендыктасский, Жельтавский и др.), которые расположены к западу и юго-западу от нижнепалеозойских структур Сарысу-Тенизского водораздела и Джалаир-Найманской зоны (Degtyarev et al., 2017). При этом изотопные составы Nd неопротерозойских образований блоков Улутау-Моюнкумской группы указывают на ведущую роль в их формировании комплексов раннедокембрийской континентальной коры, слагающих глубокие горизонты фундамента этих блоков и ограниченно представленных на уровне современного эрозионного среза (Degtyarev et al., 2017). Эти комплексы, вероятно, являлись источниками зерен обломочного циркона с палеопротерозойскими и неоархейскими оценками возраста в песчаниках нижнего ордовика. Более проблематичным является вопрос о природе зерен обломочного циркона с ранненеопротерозойскими–позднемезопротерозойскими оценками возраста (0.9–1.1 млрд лет), которые преобладают в изученных песчаниках как Сарысу-Тенизского водораздела, так и Джалаир-Найманской зоны. Участие комплексов такого возраста в строении докембрийских блоков Улутау-Моюнкумской группы не установлено, хотя обломочный циркон этого возрастного диапазона является преобладающим в песчаносланцевых толщах эдиакария–кембрия Чуйско-Кендыктасского и Жельтавского блоков (Tretyakov et al., 2019; Pilitsyna et al., 2019; Skoblenko et al., 2022; Degtyarev et al., 2024).

ВЫВОДЫ

1. Получены новые данные о возрасте, строении и источниках сноса кембрийских (карымбайская и акколкинская свиты) и нижнеордовикских и нижне-среднеордовикских (кокдомбакская и күшекинская свиты) толщ Сарысу-Тенизского водораздела на западе Центрального Казахстана.
2. На основании изучения состава обломочного материала и распределения возрастов обломочного циркона из конгломератов и песчаников акколкинской свиты верхнего кембрия установлено, что ее формирование происходило за счет разрушения пород единственного источника сноса, представленного вулканогенными породами нижележащей карымбайской свиты. Основной максимум возрастов обломочного циркона 515 ± 3 млн лет (конец раннего кембрия) в песчаниках акколкинской свиты может рассматриваться в качестве оценки возраста формирования карымбайской свиты.

3. Впервые сделанные находки конодонтов в кремнистых породах низов кушекинской свиты позволили расширить ее возрастной диапазон, который теперь охватывает верхи флосского яруса, дапинский и дарривильский ярусы нижнего и среднего ордовика.

4. Возрасты обломочного циркона из песчаников кокдомбакской и кушекинской свит свидетельствуют о преобладающем значении докембрийских источников сноса при накоплении этих толщ, наряду с которыми имели значение и комплексы нижнего кембраия (в основном для пород кокдомбакской свиты).

5. Показана близость строения и состава кембрийско-нижнеордовикских комплексов Сарысу-Тенизского водораздела и Джалаир-Найманской зоны, для нижнеордовикских толщ этих районов установлены единые источники сноса, среди которых ведущую роль играли докембрийские образования блоков Улутау-Моюнкумской группы.

6. Участие в строении питающей провинции как докембрийских, так и раннекембрийских образований указывает на то, что накопление нижнеордовикских терригенных толщ Сарысу-Тенизского водораздела и Джалаир-Найманской зоны происходило после присоединения комплексов ранне-среднекембрийской энсиматической островной дуги к докембрийским блокам Улутау-Моюнкумской группы.

Источники финансирования. Работа выполнена по теме госзадания ГИН РАН № 123032400058-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Геология СССР. Т. XL. Южный Казахстан. Кн. 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1971. 536 с.

Геология СССР. Т. XX. Центральный Казахстан. Кн. 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1972. 532 с.

Геология Северного Казахстана (стратиграфия). Алма-Ата: Наука, 1987. 224 с.

Дегтярев К.Е. Тектоническая эволюция раннепалеозойских островодужных систем и формирование континентальной коры каледонид Казахстана. М.: ГЕОС, 2012. 289 с.

Дегтярев К.Е., Толмачева Т.Ю., Рязанцев А.В., Третьяков А.А., Якубчук А.С., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Гороховский Б.М. Строение, обоснование возраста и тектоническая позиция нижне-среднеордовикских вулканогенно-осадочных и

плутонических комплексов западной части Киргизского хребта (Северный Тянь-Шань) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. Т. 20. № 4. С. 3–32.

Дегтярев К.Е., Третьяков А.А., Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Ковач В.П., Плоткина Ю.В. Реконструкция латеральных рядов структур активной континентальной окраины позднего кембрия и раннего ордовика в палеозоях Северного Казахстана // Геотектоника. 2023. № 1. С. 3–47.

Зима М.Б., Максумова Р.А. Ордовик хребта Кара-Джорго (Северный Тянь-Шань) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 2. С. 74–81.

Ишин Н.К. Биостратиграфия и трилобиты нижнего кембрия Центрального Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1978. 110 с.

Минервин О.В., Штельмак С.К., Тенякова Р.Г. О нижнеордовикском возрасте верхней части акколкинской свиты на Сарысу-Тенизском водоразделе (Центральный Казахстан) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1968. Сер. IV. № 4. С. 80–84.

Минервин О.В., Бабичев Е.А., Тенякова Р.Г. Краткий очерк стратиграфии ордовика северо-западной части Центрального Казахстана // Допалеозой и палеозой Казахстана. Т. 1. Стратиграфия допалеозоя, кембрия, ордовика и силура. Алма-Ата: Наука, 1974. С. 191–206.

Никитин И.Ф. Ордовик Казахстана. Ч. I. Стратиграфия. Алма-Ата: Наука, 1972. 244 с.

Никитина О.И., Толмачева Т.Ю., Рязанцев А.В. Стратиграфия, районирование и основные типы палеобассейнов ордовика Северной Бетпак-Далы (Центральный Казахстан) // Изв. НАН РК. Сер. геол. 2008. № 6. С. 8–23.

Решения III Казахстанского стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою. Ч. I. Докембрий и палеозой. Алма-Ата: ИГН им. Сатпаева, 1991. 148 с.

Толмачева Т.Ю. Биостратиграфия и биогеография конодонтов ордовика западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. 264 с.

Цай Д.Т. Граптолитовые комплексы раннего ордовика и лланвирна Центрального Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. 1966. № 6. С. 18–32.

Четверикова Н.П. Ордовикские и силурийские отложения западной части Центрального Казахстана. М.: Изд-во МГУ, 1960. 98 с.

Чу-Илийский рудный пояс: Геология Чу-Илийского региона. Алма-Ата: Наука, 1980. 504 с.

Andersen T. Correction of common lead in U–Pb analyses that do not report ^{204}Pb //

Chem. Geol. 2002. № 192. P. 59–79.

Andersen T. Appendix A3: ComPbcorr – Software for common lead correction of U–Th–Pb analyses that do not report ^{204}Pb // Mineral. Assoc. Can. 2008. V. 40. P. 312–314.

Degtyarev K.E., Ryazantsev A.V., Tretyakov A.A., Yakubchuk A.S., Tolmacheva T.Y., Kotov A.B., Salnikova E.B., Kovach V.P. Neoproterozoic–early Paleozoic tectonic evolution of the western part of the Kyrgyz ridge (northern Tian Shan) Caledonides // Geotectonics. 2013. V. 47. № 6. P. 377–417.

Degtyarev K.E., Tretyakov A.A., Tolmacheva T.Y., Kotov A.B., Shatagin K.N. Cambrian to lower Ordovician complexes of the Kokchetav massif and its fringing (northern Kazakhstan): structure, age, and tectonic settings // Geotectonics. 2016. V. 50. № 1. P. 71–142.

Degtyarev K., Yakubchuk A., Tretyakov A., Kotov A., Kovach V. Precambrian geology of the Kazakh Uplands and Tien Shan: an overview // Gondwana Res. 2017. V. 47. P. 44–75.

Degtyarev K.E., Tretyakov A.A., Luchitskaya M.V., Ryazantsev A.V., Kanygina N.A., Skoblenko A.V., Tolmacheva T.Yu., Yakubchuk A.S., Milyukova A.G. Cambrian supra-subduction and intraplate oceanic complexes in the Dzhalar-Naiman ophiolite zone (southern Kazakhstan): age, geochemistry and tectonic implication // Gondwana Res. 2024. V. 134. P. 144–186.

Erofeeva K.G., Samsonov A.V., Larionov A.N., Pilitsyna T.A., Postnikov A.V., Sabirov I.A., Vovshina A.Yu., Borisovsky S.E., Golovanova T.I., Dubenskiy A.S., Sheshukov V.S. Buried Paleoproterozoic orogen of the East European Craton: age and origin of the Vyatka terrane // Gondwana Res. 2024. V. 129. P. 53–74.

Gehrels G.E. Detrital zircon U–Pb geochronology: current methods and new opportunities // Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances. Ed. Busby C., Azor A. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 2012. P. 47–62.

Griffin W.L., Powell W.J., Pearson N.J., O'Reilly S.Y. GLITTER: data reduction software for laser ablation ICP-MS // Laser Ablation-ICPMS in the Earth Sciences. Ed. Sylvester P. Mineralogical Association of Canada Short Course. 2008. Ser. 40. Appendix 2. P. 204–207.

Horstwood M.S.A., Kosler J., Gehrels G., Jackson S.E., McLean N.M., Paton Ch., Pearson N.J., Sircombe K., Sylvester P., Vermeesch P., Bowring J.F., Condon D.J., Schoene B. Community-derived standards for LA-ICP-MS U–(Th–)Pb geochronology – uncertainty propagation, age interpretation and data reporting // Geostand. Geoanal. Res. 2016. V. 40. № 3. P. 311–332.

Ludwig K.R. Isoplot v. 4.15. Geochronological Toolkit for Microsoft Excel // Berkeley Geochron. Center. Spec. Publ. 2008. V. 4. P. 76.

Pilitsyna A.V., Tretyakov A.A., Degtyarev K.E., Salnikova E.B., Kotov A.B., Kovach V.P., Wang K.-L., Batanova V.G. Early Palaeozoic metamorphism of Precambrian crust in the Zheltau terrane (Southern Kazakhstan; Central Asian Orogenic belt): P–T paths, protoliths, zircon dating and tectonic implications // Lithos. 2019. V. 324–325. P. 115–1114.

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.

Sláma J., Košler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hanchar J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M.N., Whitehouse M.J. Plešovice zircon – a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis // Chem. Geol. 2008. V. 249. P. 1–35.

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-Kendyktas terrane (Southern Kazakhstan, Central Asian Orogenic Belt): zircon dating, Nd isotopy and tectono-magmatic evolution // Precambrian Res. 2019. V. 332. P. 1–28.

Vermeesch P. Isoplot R: A free and open toolbox for geochronology // Geoscience Frontiers. 2018. V. 9. P. 1479–1493

Wiedenbeck M., Corfu F., Griffin W.L., Meier M., Oberli F., von Quadt A., Roddick J.C., Spiegel W. Three natural zircon standards for U–Th–Pb, Lu–Hf, trace element and REE analyses // Geostand. Geoanal. Res. 1995. V. 19. P. 1–23.

Wiedenbeck M., Hanchar J.M., Peck W.H., Sylvester P., Valley J., Whitehouse M., Kronz A., Morishita Y., Nasdala L., Fiebig J., Franchi I., Girard J.-P., Greenwood R.C., Hinton R., Kita N., Mason P.R.D., Norman M., Ogasawara M., Piccoli P.M., Rhede D., Satoh H., Schulz-Dobrick B., Skår Ø., Spicuzza M.J., Terada K., Tindle A., Togashi S., Vennemann T., Xie Q., Zheng Y.-F. Further characterization of the 91500 zircon crystal // Geostand. Geoanal. Res. 2004. V. 28. P. 9–39.

~~Stratigraphy of the Cambrian-Lower Ordovician volcanic-canogenic sedimentary complexes of the Sarysu-Teniz watershed (Central Kazakhstan): geochronological and paleontological substantiation of the age~~

A. A. Tretyakov^{a#}, A. N. Zhuravleva^a, N.A. Kanygina^a, T.Yu. Tolmacheva^b, K. E. Degtyarev^a, A. S. Dubenskiy^a, K. G. Erofeeva^a, V. S. Sheshukov^a

^a Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

^b Karpinsky All-Russian Scientific Research Geological Institute, St. Petersburg, Russia

[#]email: and8486@yandex.ru

The results of the geological, geochronological, and micropaleontological study of the Cambrian-Ordovician volcanic and sedimentary formations of the Sarysu-Teniz watershed in the west of Central Kazakhstan are presented, which allowed for a detailed stratigraphic division. It is shown that their formation occurred between the end of the Early Cambrian (~515 Ma) and the end of the Middle Ordovician. The first-time findings of conodonts allowed to expand the age range of accumulation of siliceous-terrigenous strata (Kushekinskaya Formation), covering the interval from the top of the Flokian Stage to the Darriwilian Stage of the Lower and Middle Ordovician. The results of U-Th-Pb isotope-geochronological (LA-ICP-MS) study of clastic zircon from sandstones indicate the prevalence of Precambrian sources of denudation in the accumulation of Lower-Middle Ordovician strata (Kokdombakskaya, Kushekinskaya Formations). It has been shown that the studied complexes of the Sarysu-Teniz watershed are stratigraphic and facies analogues ~~of volcanic rocks~~.

Keywords: Cambrian, Ordovician, effusives, sandstones, conodonts, clastic zircons

ПОДРИСУНОЧНЫЕ ПОДПИСИ

Рис. 1. Схема тектонического районирования западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

1 – средне-верхнепалеозойские терригенные и вулканогенно-осадочные комплексы Джунгаро-Балхашской и Иртыш-Зайсанской областей; 2 – средне-верхнепалеозойские терригенно-карбонатные комплексы наложенных впадин; 3 – комплексы позднепалеозойского Балхаш-Илийского вулканоплутонического пояса; 4 – комплексы девонского Казахстанского вулканоплутонического комплекса; 5 – ранне-среднепалеозойские офиолитовые зоны; 6 – кембрийско-ордовикские вулканогенно-осадочные и кремнисто-терригенные комплексы; 7 – вулканогенно-осадочные и кремнисто-терригенные комплексы ордовикской энсиматической островной дуги; 8 – верхнекембрийско-среднеордовикские кремнистые и кремнисто-терригенные комплексы

Ерементау-Бурунтауской зоны; 9 – вулканогенно-осадочные и кремнисто-терригенные комплексы кембрийско-ордовикских энсиматических островных дуг; 10 – венд-ордовикские грубообломочные, сланцевые и терригенные толщи Ишим-Нарынской зоны; 11 – блоки с докембрийской континентальной корой (К – Кокчетавский, У – Улутауский, ЧК – Чуйско-Кендыктасский, КД – Карагатай-Джебаглинский, КТ – Карагатай-Таласский, Ж – Жельтавский, АД – Актау-Джунгарский, ИК – Иссыкульский); 12 – геологические границы; 13 – наиболее крупные тектонические нарушения. ДН – Джалаир-Найманская зона. Обозначено положение Сарысу-Тенизского водораздела на рис. 2.

Рис. 2. Схема геологического строения Сарысу-Тенизского водораздела в междуречье Акколка-Жаксы-Кон (по Минервин и др., 1974, с дополнениями и упрощениями).

1 – девонско-каменноугольные комплексы нерасчлененные; 2, 3 – комплексы Чингиз-Северотяньшаньского пояса: 2 – верхнеордовикские туфоконгломераты и туфы основного состава (куяндинская свита), 3 – среднеордовикские эфузивы и туфы средне-основного состава (савидская свита); 4–6 – комплексы Сарыаркинского пояса: 4 – нижне-среднеордовикские песчаники, алевролиты, яшмы, туфы среднего состава (кушекинская свита), 5 – нижнеордовикские песчаники, алевролиты, кремнистые аргиллиты (кокдомбакская свита), 6 – верхнекембрийские конгломераты, песчаники, туфы основного состава, линзы известняков (акколкинская свита); 7 – нижнекембрийские эфузивы и туфы среднего и основного состава (карымбайская свита); 8 – комплексы Улутауского сиалического массива – рифейские кварцитовые сланцы; 9, 10 – гранитоиды: 9 – ранне-среднедевонские, 10 – позднеордовикские; 11 – разрывные нарушения: а – тектонические покровы, б – прочие; 12 – элементы залегания слоистости (пластов): а – наклонного, б – вертикального; 13 – место отбора и номер пробы для U–Th–Pb изотопно-геохронологических исследований; 14 – место отбора и номер пробы для микрофаунистических исследований.

Рис. 3. Графики плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов детритового циркона (а) из вулканомиктовых песчаников акколкинской свиты (проба СТ-2328), (б) из полимиктовых песчаников кокдомбакской свиты (проба СТ-2329), (в) из кварцевых песчаников кушекинской свиты (проба СТ-2318). Возрасты максимумов рассчитаны с использованием программы Age Pick (Gehrels, 2012). N – количество анализов.

Рис. 4. Конодонты и остатки артропод на поверхностях кремней кушекинской свиты. Все фотографии сделаны в отраженном свете. Коллекция хранится в ЦНИГР музее им. Н.Ф. Чернышева под номером ЦНИГРМ ВХ ФЗК 12.

(а, в, д) – *Periodon flabellum* Lindstrom, 1954: (а) – Sc-элемент, т.н. CT2313, № 12/1; (в) – ювенильный Sb-элемент, т.н. CT2316, № 12/2; (д) – ювенильный M-элемент, т.н. CT2313, № 12/3; (б, о) – *Oepikodus intermedius* (Serpagli, 1974): (б) – ювенильный элемент Sc-элемент, т.н. CT2313, № 12/4; (о) – фрагмент заднего отростка с характерным хиндиоделловым типом зубчатости, т.н. CT2313, № 12/5; (г, е) – *Paroistodus parallelus* (Pander, 1856): (г) – S-элемент, т.н. CT2313, № 12/6; (е) – M-элемент, т.н. CT2313, № 12/7, (ж) – один из многочисленных крупных шипов от панциря пелагической артроподы, т.н. CT2313, № 12/8; (з) – *Scolopodus cf. S. striatus* Pander, 1856, т.н. CT2313, № 12/9; (и) – *Protopanderodus gradatus* Serpagli, 1974, т.н. CT2313, № 12/10; (к, н, п) – *Chiganodus parilis* Tolmacheva, 2014: (к) – M-элемент, т.н. CT2313, № 12/11; (н) – M-элемент, т.н. CT2313, № 12/12; (п) – M-элемент, т.н. CT2313, № 12/13; (л) – *Acodus* sp., ювенильный P-элемент, т.н. CT2313, № 12/14; (м) – *Protoprionodus papilosus* (van Wamel, 1974), S-элемент, т.н. CT2313, № 12/15.

Рис. 5. Схема сопоставления разрезов нижнекембрийско-среднеордовикских комплексов Сарысу-Тенизского водораздела и Джалаир-Найманской зоны с использованием данных (Degtyarev et al., 2024).

1 – туфы и туфоконгломераты базальтового состава; 2 – базальты; 3 – андезиты; 4 – дациты, риолиты; 5 – граниты; 6 – алевролиты; 7 – туфоалевролиты; 8 – туфоконгломераты андезитового состава; 9 – конгломераты; 10 – кремни; 11 – яшмы; 12 – находки конодонтов; 13 – находки граптолитов, трилобитов, брахиопод. Литературные источники: [1] – Минервин и др., 1974, [2] – Геология..., 1972, [3] – Решения..., 1991, [4] – Цай, 1966, [5] – Degtyarev et al., 2024.

РИСУНКИ

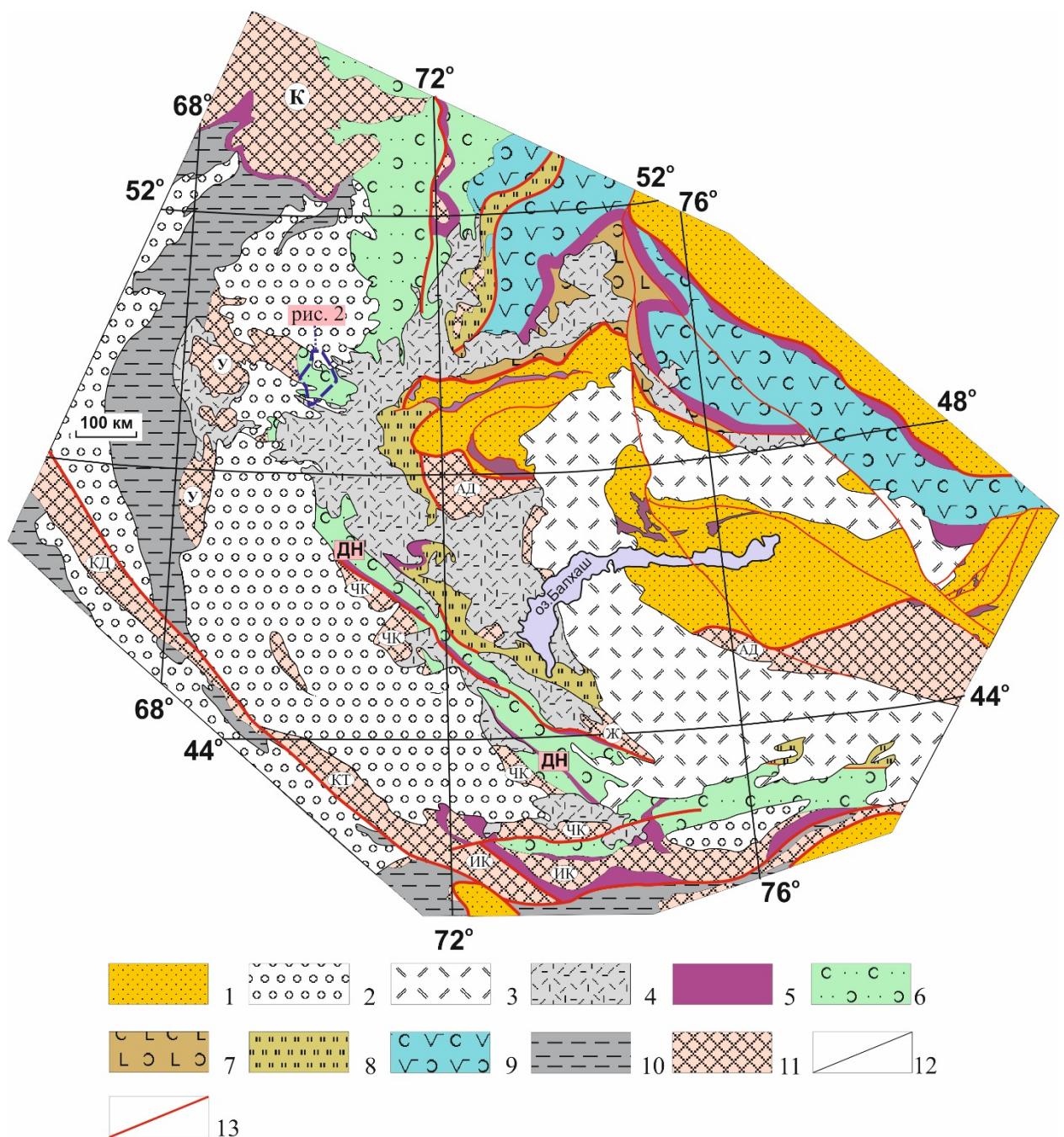


РИС. 1. Схема тектонического районирования западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

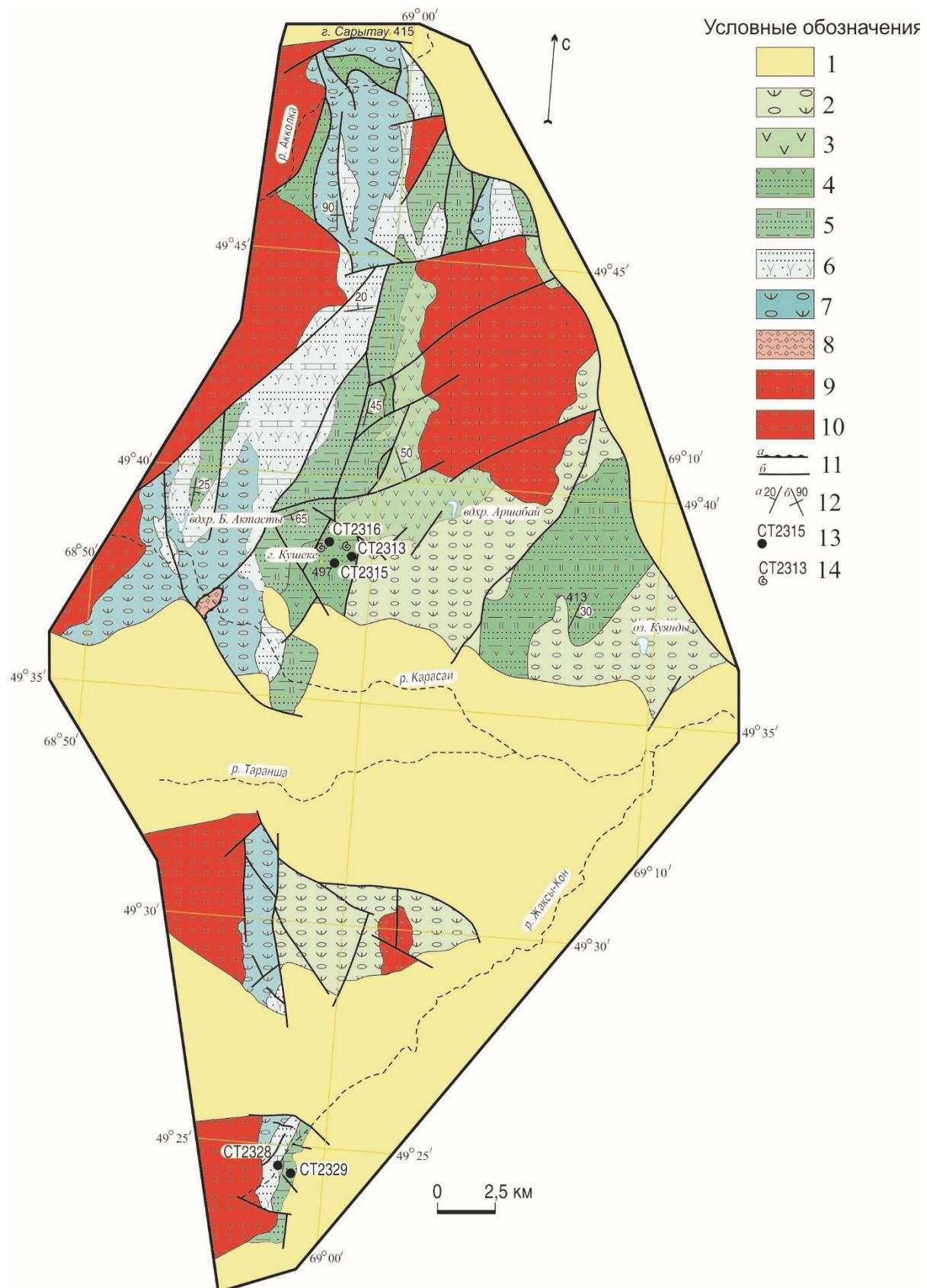


РИС. 2 Схема геологического строения Сарысу-Тенизского водораздела в междуречье Акколка-Жаксы-Кон (по Минервин и др., 1974, с дополнениями и упрощениями).

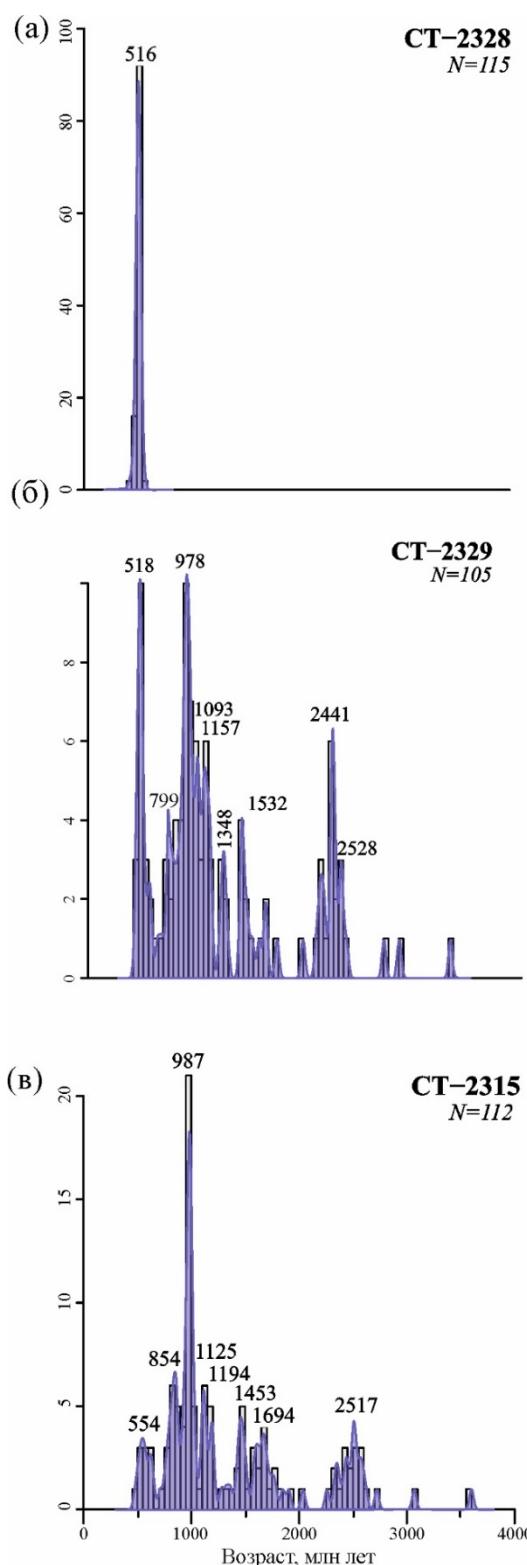


РИС. 3. Графики плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов детритового циркона (а) из вулканомиктовых песчаников акколкинской свиты (проба СТ-2328), (б) из полимиктовых песчаников кокдомбакской свиты (проба СТ-2329), (в) из кварцевых песчаников кушекинской свиты (проба СТ-2318). Возрасты максимумов рассчитаны с использованием программы Age Pick (Gehrels, 2012). N – количество анализов.

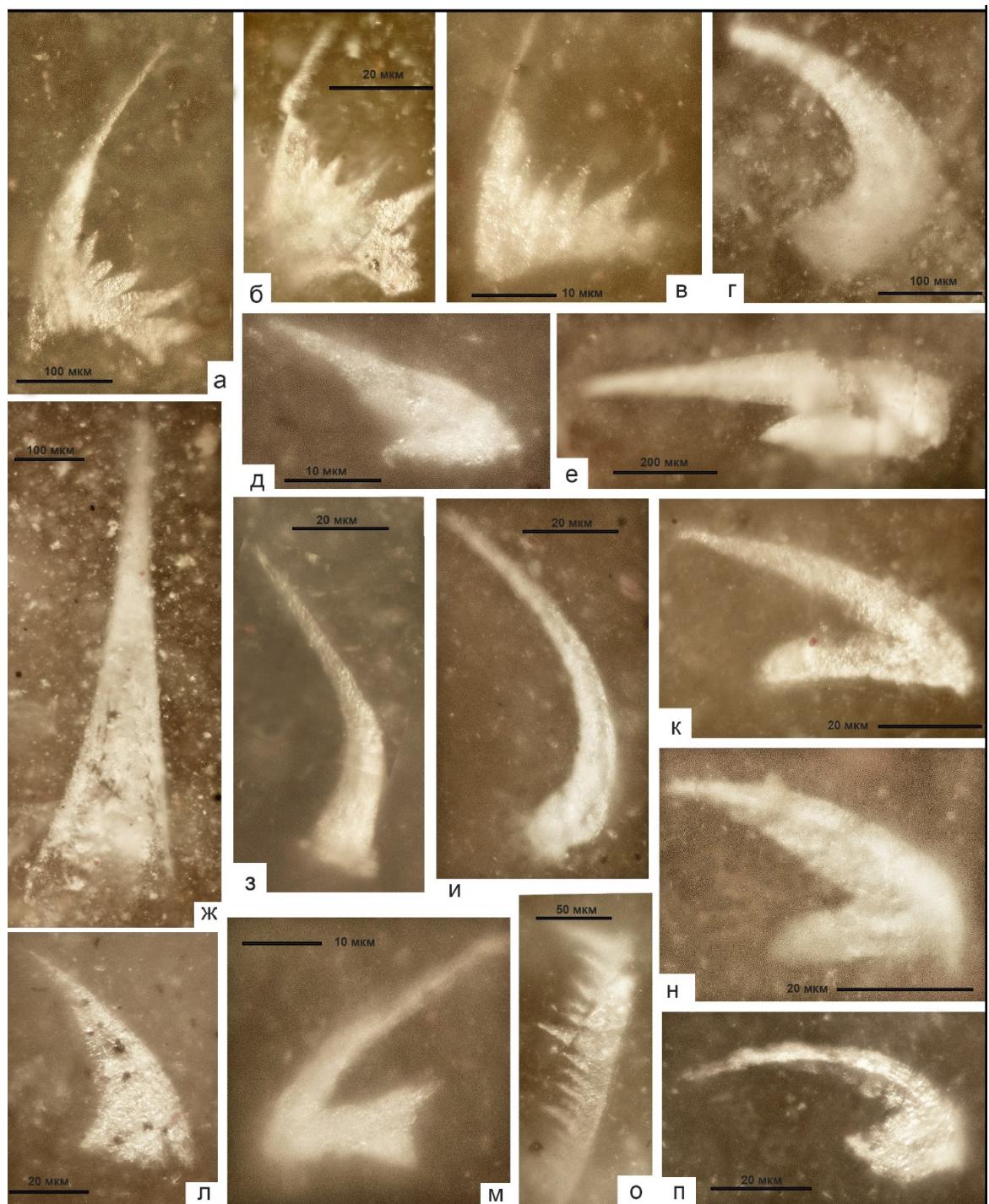


РИС. 4 Конодонты и остатки артропод на поверхностях кремней кушекинской свиты. Все фотографии сделаны в отраженном свете. Коллекция хранится в ЦНИГР музее им. Н.Ф. Чернышева под номером ЦНИГРМ ВХ ФЗК 12

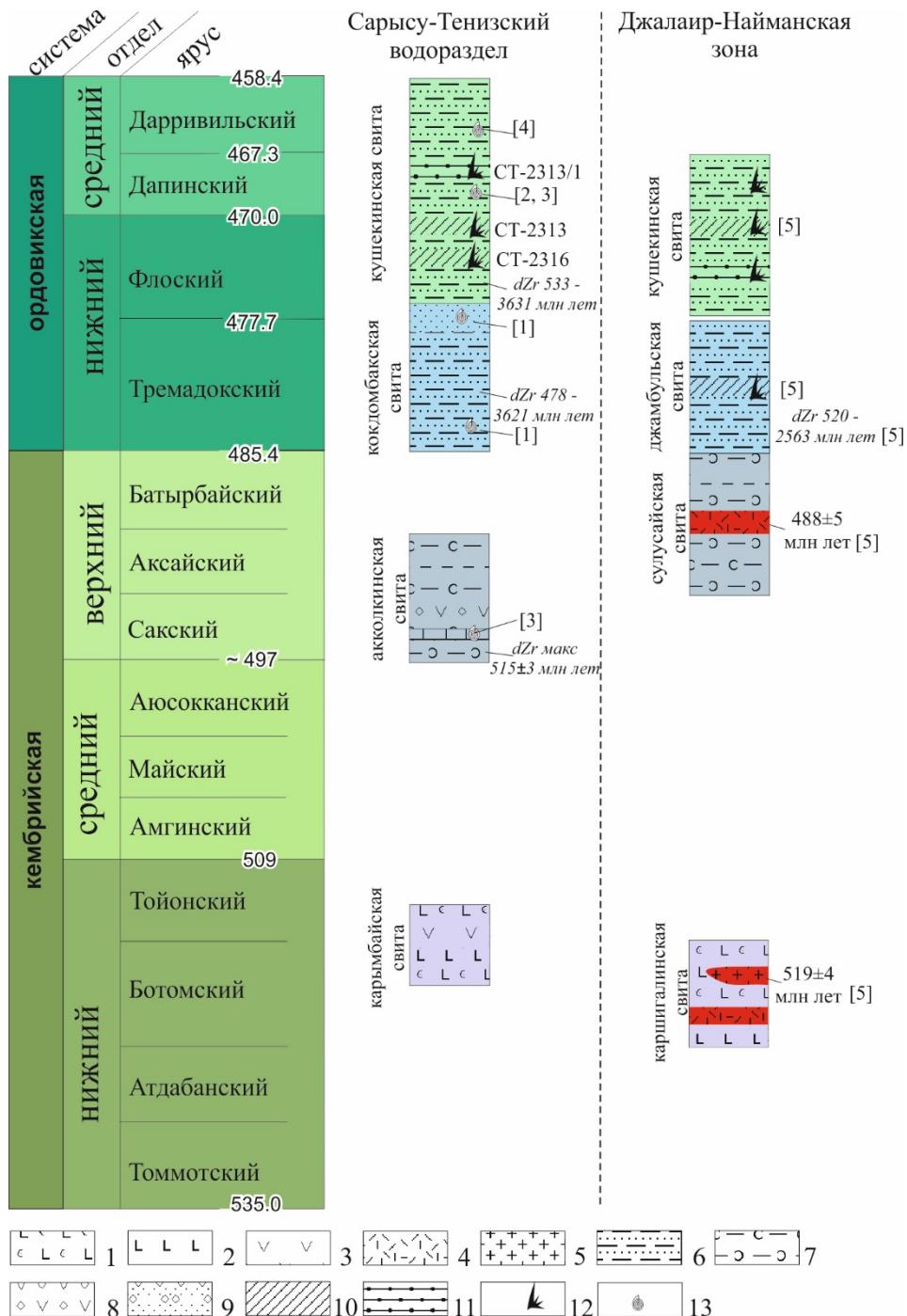


РИС. 5. Схема сопоставления разрезов нижнекембрийско-среднеордовикских комплексов Сарысу-Тенизского водораздела и Джалаир-Найманской зоны с использованием данных (Degtyarev et al., 2024).

Таблица 1. Максимумы и интервалы значений возрастов обломочного циркона из проб акколкинской (СТ-2328), кокдомбакской (СТ-2329) и кушекинской (СТ-2315) свит, рассчитанные с использованием программы Age Pick (Gehrels, 2012)

Проба	Интервалы значений, млн лет		Максимумы (млн лет)	Число зерен
СТ-2328	462	561	516	77
СТ-2315	553	1767	554	3
			854	7
			987	21
			1125	8
			1194	5
			1453	6
			1694	5
	2343	2602	2517	5
СТ-2329	484	1573	518	10
			799	3
			978	14
			1093	8
			1157	7
			1348	4
			1532	5
			2441	7
		2564	2528	3