

УДК 551.73

**СТРАТИГРАФИЯ КЕМБРИЙСКО-НИЖНЕОРДОВИКСКИХ ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ САРЫСУ-ТЕНИЗСКОГО ВОДОРАЗДЕЛА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН): ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЕ И ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗРАСТА<sup>1</sup>**

**А. А. Третьяков<sup>1,\*</sup>, А. Н. Журавлев<sup>1</sup>, Н. А. Каныгина<sup>1</sup>, Т. Ю. Толмачева<sup>2</sup>, К. Е. Дегтярев<sup>1</sup>, А. С. Дубенский<sup>1</sup>, К. Г. Ерофеева<sup>1</sup>, В. С. Шешуков<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия*

*<sup>2</sup>Всероссийский 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 флоского 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 ниже-среднеордовикских толщ (кокдомбакская, кушекинская свиты). Показано, что изученные комплексы Сарысу-Тенизского водораздела являются стратиграфическими и фаціальными аналогами вулканогенных и осадочных комплексов Джалаир-Найманской зоны, формирование которых было связано с эволюцией кембрийско-раннеордовикской островодужной системы.

*Ключевые слова:* кембрий, ордовик, эффузивы, песчаники, конодонты, обломочные цирконы

---

<sup>1</sup> Электронные дополнительные материалы (ESM) для этой статьи доступны по ссылке <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 Бошекуль-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 Бошекуль-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-нижнеордовикские стратифицированные комплексы Кокчетав-Северотяньшаньской области изучены гораздо слабее, что связано с их большей дислоцированностью и крайне редкими находками остатков макрофауны (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. Основным этапом изучения комплексов Сарысу-Тенизского водораздела приходится на 1960–1970-е годы, когда было произведено их расчленение на свиты, возраст которых был обоснован находками макрофауны (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 кембрия–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 Куяндинской, Кумколинской и Кирейской горст-антиклинальных структур по руч. Карасай и Акколка, р. Жаксы-Кон, в окрестностях горы Кушеке и оз. Куянды (рис. 2).

Самой древней является вулканогенная карымбайская свита, которая в наиболее полном разрезе по руч. Карасай сложена порфировыми и миндалекаменными эффузивами, лавобрекчиями, туфами базальтового, андезибазальтового и андезитового состава мощностью до 1500 м. Структурно ниже эффузивов залегают сланцы и кварцитосланцы, условно относящиеся к докембрию. На контакте кварцитосланцев и эффузивов 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 туффитов, которые вверх по разрезу сменяются пачкой лито- и кристаллокластических туфов базальтового состава, переслаивающихся с туффитами 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, туффиты, 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 эффузивов 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 рассланцованные риодациты, 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* (?) *elderi* (Whitfield) и др., который позволяет отнести верхи свиты к низам аренигского (флоского) 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. Куянды, с

небольшим несогласием и конгломератами в основании перекрывает кокдомбакскую свиту. В разрезе кушекинской свиты могут быть выделены три пачки: нижняя, сложенная кварцевыми песчаниками с прослоями 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) quadribrachiatum* (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 катодolumинесценции 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 абляции 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  $601.9 \pm 0.4$  млн лет (метод CA-ID-TIMS) (Horstwood et al., 2016). В качестве вторичных стандартов использовались эталонные цирконы 91500 (Wiedenbeck et al., 1995, 2004) и Plesoviče (Sláma et al., 2008) с принятыми возрастами  $1063.5 \pm 0.4$  млн лет согласно методу CA-ID-TIMS и  $337.2 \pm 0.1$  млн лет соответственно (Horstwood et al., 2016). Полученные данные обрабатывались с использованием программ GLITTER (Griffin et al., 2008, [www/mq.edu.au/GEMOC](http://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 катодolumинесценции 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 ( $780 \pm 10$  и  $861 \pm 11$  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 ( $2975 \pm 8$ ,  $3108 \pm 9$  и  $3621 \pm 8$  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 неархейско-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 ( $3070 \pm 9$  и  $3631 \pm 8$  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* Lindström, 1955, *Periodon* cf. *P. Flabellum*, *Drepanodus arcuatus* Pander, 1856, *Acodus* sp., характерные для зоны *Oepikodus evae* верхней половины флоского 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* Lindström, 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 флоского 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 Балтоскандии он не зафиксирован. Появление в самом конце флоского 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-нижнеордовикских 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  $515 \pm 3$  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 кушекинской свиты, который ранее охватывал только дапинский и дарривильский ярусы среднего ордовика. Находки конодонтов теперь позволяют относить нижнюю часть свиты к верхам флоского 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 ниже-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, риодациты, риолиты, их туфы и туфоконгломераты, участвующие в строении 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 насубдукционных офиолитов, а их формирование связывается с эволюцией ранне-среднекембрийской энсиматической островной дуги. Близкие строение и состав вулканогенных толщ Джалаир-Найманской зоны и карымбайской свиты Сарысу-Тенизского водораздела позволяют предполагать их формирование в связи с эволюцией единой островодужной системы в конце раннего–начале среднего кембрия. С эрозией ниже-

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  $488 \pm 5$  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 возрастaми 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 рассланцованных эффузивов 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, кушекинской 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 ранне-неопротерозойскими–поздне-мезопротерозойскими 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 ниже-среднеордовикских (кокдомбакская и кушекинская 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  $515 \pm 3$  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 флоского 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 кембрия (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-Моюнкусской 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 причленения комплексов ранне-среднекембрийской энсиматической островной дуги к докембрийским блокам Улутау-Моюнкусской 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 ниже-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 палеозоидах 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.

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

*Минервин О.В., Штельмах 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 <sup>204</sup>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  $^{204}\text{Pb}$  // 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 Dzhailair-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.

Рецензенты Ю.А. Гатовский, А.Б. Котов

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

A. A. Tretyakov<sup>a#</sup>, A. N. Zhuravlev<sup>a</sup>, N.A. Kanygina<sup>a</sup>, T.Yu. Tolmacheva<sup>b</sup>, K. E. Degtyarev<sup>a</sup>, A. S. Dubenskiy<sup>a</sup>, K. G. Erofeeva<sup>a</sup>, V. S. Sheshukov<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>b</sup> Karpinsky All-Russian Scientific Research Geological Institute, St. Petersburg, Russia

<sup>#</sup>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 – вендордовикские грубообломочные, сланцевые и терригенные толщи Ишим-Нарынской зоны; 11 – блоки с докембрийской континентальной корой (К – Кокчетавский, У – Улутауский, ЧК – Чуйско-Кендыктасский, КД – Каратау-Джебаглинский, КТ – Каратау-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 эффузивы 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 эффузивы 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. СТ2313, № 12/1; (в) – ювенильный Sb-элемент, т.н. СТ2316, № 12/2; (д) – ювенильный М-элемент, т.н. СТ2313, № 12/3; (б, о) – *Oepikodus intermedius* (Serpagli, 1974): (б) – ювенильный элемент Sc-элемент, т.н. СТ2313, № 12/4; (о) – фрагмент заднего отростка с характерным хиндиоделловым типом зубчатости, т.н. СТ2313, № 12/5; (г, е) – *Paroistodus parallelus* (Pander, 1856): (г) – S-элемент, т.н. СТ2313, № 12/6; (е) – М-элемент, т.н. СТ2313, № 12/7, (ж) – один из многочисленных крупных шипов от панциря пелагической артроподы, т.н. СТ2313, № 12/8; (з) – *Scolopodus* cf. *S. striatus* Pander, 1856, т.н. СТ2313, № 12/9; (и) – *Protopanderodus gradatus* Serpagli, 1974, т.н. СТ2313, № 12/10; (к, н, п) – *Chiganodus parilis* Tolmacheva, 2014: (к) – М-элемент, т.н. СТ2313, № 12/11; (н) – М-элемент, т.н. СТ2313, № 12/12; (п) – М-элемент, т.н. СТ2313, № 12/13; (л) – *Acodus* sp., ювенильный Р-элемент, т.н. СТ2313, № 12/14; (м) – *Protoprioniodus papiliosus* (van Wamel, 1974), S-элемент, т.н. СТ2313, № 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

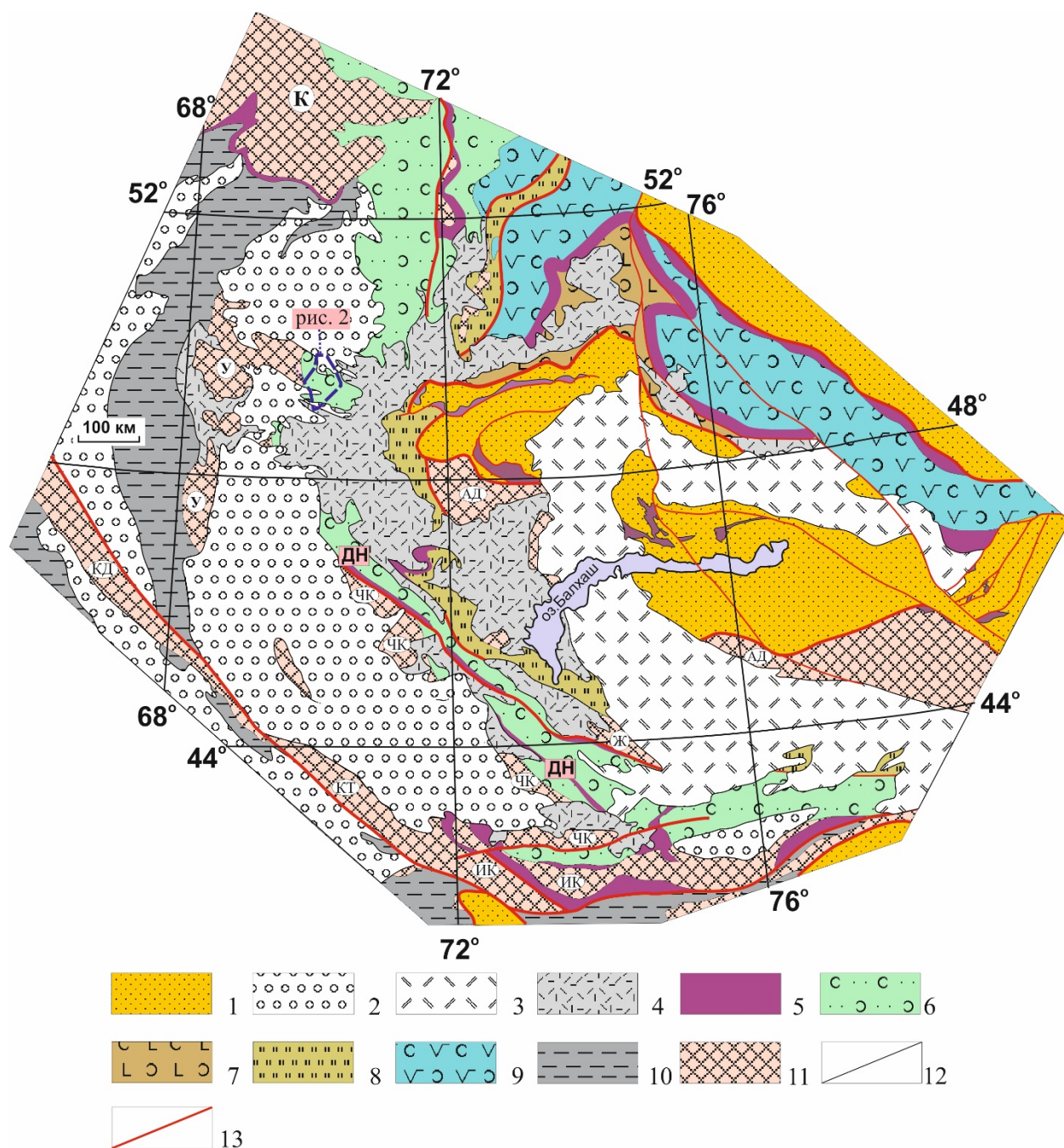


РИС. 1. Схема тектонического районирования западной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

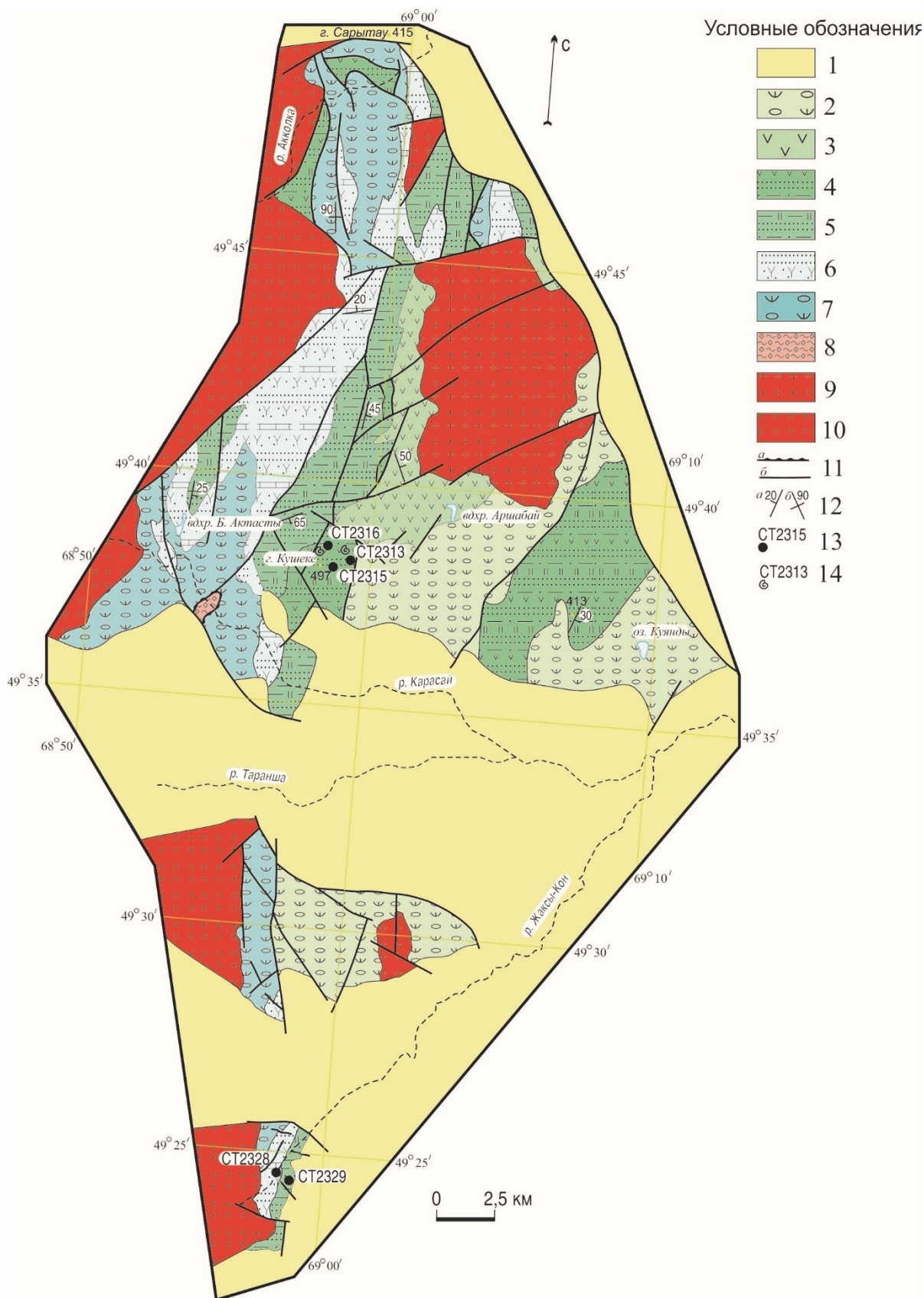


РИС. 2 Схема геологического строения Сарысу-Тенизского водораздела в междуречье Акколка–Жаксы-Кон (по Минервин и др., 1974, с дополнениями и упрощениями).

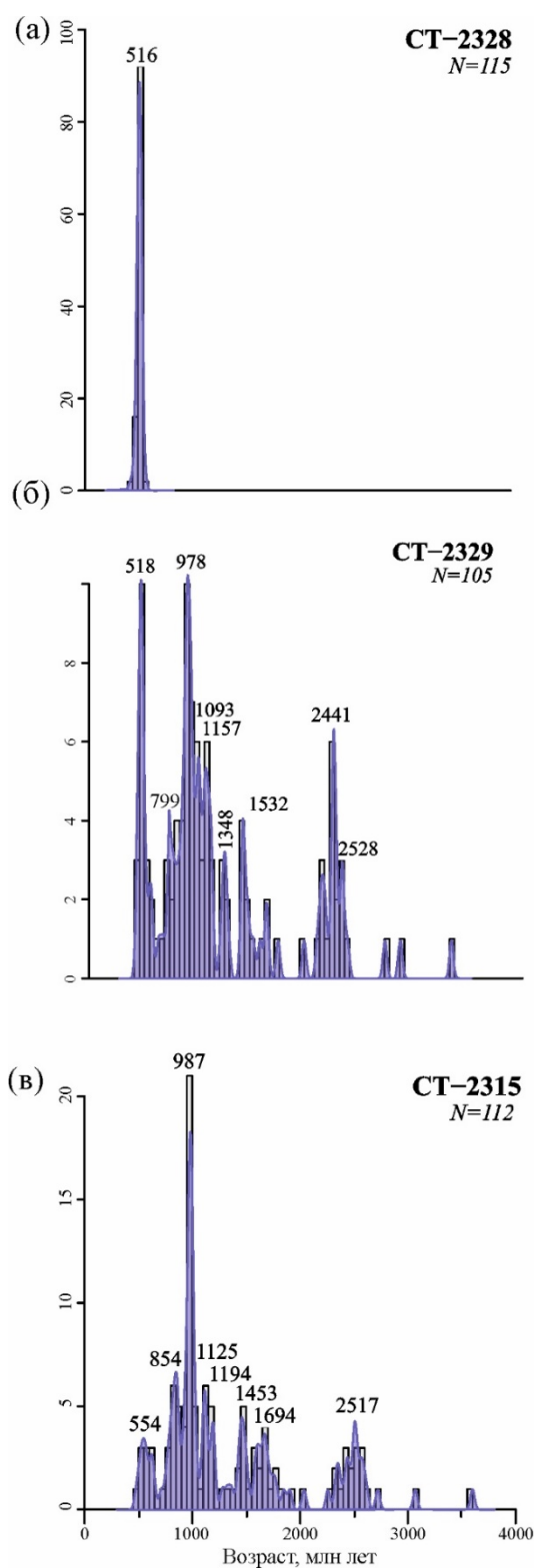


РИС. 3. Графики плотности вероятности и гистограммы распределения возрастов детритового циркона (а) из вулканомиктовых песчаников акколкинской свиты (проба СТ-2328), (б) из полимиктовых песчаников кокдомбакской свиты (проба СТ-2329), (в) из кварцевых песчаников кушекинской свиты (проба СТ-2318). Возрасты 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

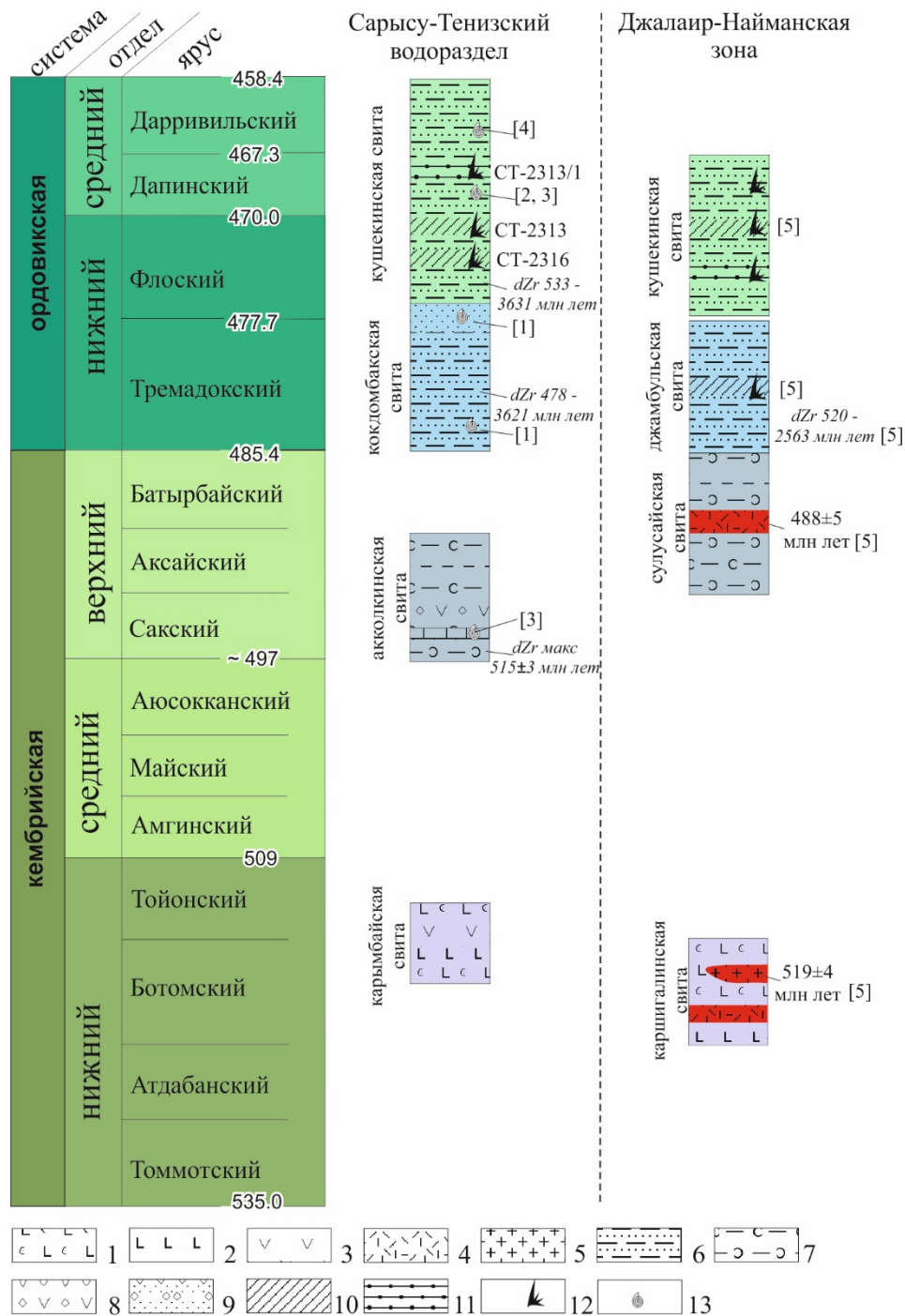


РИС. 5. Схема сопоставления разрезов нижнекембрийско-среднеордовикских комплексов Сарысу-Тенизского водораздела и Джалаир-Найманской зоны с использованием данных (Degtyarev et al., 2024).



**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
	2289	2564	2441	7
			2528	3