ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2020, том 493, № 2, с. 11–17

ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.7.902.66

ПАЛЕОЗОЙСКИЙ ВОЗРАСТ МЕТАТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩ МАКСЮТОВСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ЮЖНОМ УРАЛЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ U–Pb-ДАТИРОВАНИЯ ЗЕРЕН ОБЛОМОЧНОГО ЦИРКОНА

© 2020 г. Б. Г. Голионко[1,*], А. В. Рязанцев[1], академик РАН К. Е. Дегтярев[1], Н. А. Каныгина[1], Н. Б. Кузнецов[1], В. С. Шешуков[1], А. С. Дубенский [1], Б. И. Гареев[2]

Поступило 08.04.2020 г.
После доработки 22.05.2020 г.
Принято к публикации 25.05.2020 г.

Получены первые U–Pb-изотопные(LA–ICP–MS) датировки зерен обломочного циркона из кварцитов двух толщ максютовского метаморфического комплекса на Южном Урале. Зерна циркона из галеевских кварцитов хорошо окатаны. Конкордантные датировки этих зерен попадают в интервалы 529–594, 956–2144 и 2709–2781 млн лет, с основными максимумами 544, 551 и 1491 млн лет. Зерна циркона из юмагузинских кварцитов идиоморфные и слабоокатанные. Их конкордантные датировки попадают в интервалы 497–640 и 957–1027млн лет, образуя отчетливые возрастные максимумы 514, 548 и 605 млн лет. Полученные данные и их сопоставление с аналогичными данными по другим толщам Южного Урала и Прикаспия, указывают на ордовикский возраст протолита изученных кварцитов максютовского комплекса.

Ключевые слова: Южный Урал, зона Уралтау, максютовский метаморфический комплекс, обломочный циркон, U–Pb-возраст LA–ICP–MS, ордовик

DOI: 10.31857/S2686739720080071

Максютовский метаморфический комплекс – важнейший элемент модели коллизии дуга–континент, для которой Южный Урал эталонный пример ([10] и ссылки там). В строении эклогит-глаукофан-сланцевого максютовского метаморфического комплекса участвуют метаосадочные (метапесчаники, кварциты, сланцы и мраморы) и метамагматические (эклогиты, глаукофановые сланцы и метавулканиты) породы с возрастом пикового метаморфизма в интервале 411–375 млн лет [7, 13]. Возраст протолита пород комплекса рассматривается как палеозойский [3] или докембрийский [4]. Задача проведенного нами исследования – определение нижнего возрастного предела протолита разнотипных кварцитов максютовского комплекса на основании U–Pb-изотопного датирования зерен обломочного циркона из них.

Максютовский метаморфический комплекс развит в восточной части зоны Уралтау [1, 10], протягиваясь с севера на юг более чем на 200 км (рис. 1). На западе он тектонически контактирует со слабометаморфизованными терригенными палеозойскими и допалеозойскими породами суванякского комплекса, а на востоке – с офиолитами зоны Главного уральского разлома – сутуры, отделяющий зону Уралтауот Магнитогорской мегазоны (синформы), сложенной, в основном, палеозойскими островодужными комплексами.

Традиционно в строении максютовского комплекса выделялись четыре свиты рифейского возраста (снизу вверх по разрезу) [6, 9]: 1) галеевская – кварциты; 2) кайраклинская – графитовые и безграфитовые кварциты и сланцы, гранат-глаукофановые сланцы, метавулканиты основного состава; 3) юмагузинская – фенгитовые кварциты и кварцито-сланцы; 4) карамалинская – графитовые и безграфитовые сланцы, кварциты и метавулканиты основного состава, мраморы. Позже было предложено деление максютовского метаморфического комплекса на две серии (тектоностратиграфические единицы) [3, 10]: юмагузинскую (нижнюю), состоящую из кварцитов галеевской и юмагузинской свит и карамалинскую (верхнюю), сложенную метаосадочными породами и метавулканитами кайраклинской и карамалинской свит. Мы считаем [1], что максютовский

[1] *Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия*

[2] *Казанский федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, Россия*

*****E-mail: golbor62@gmail.com*

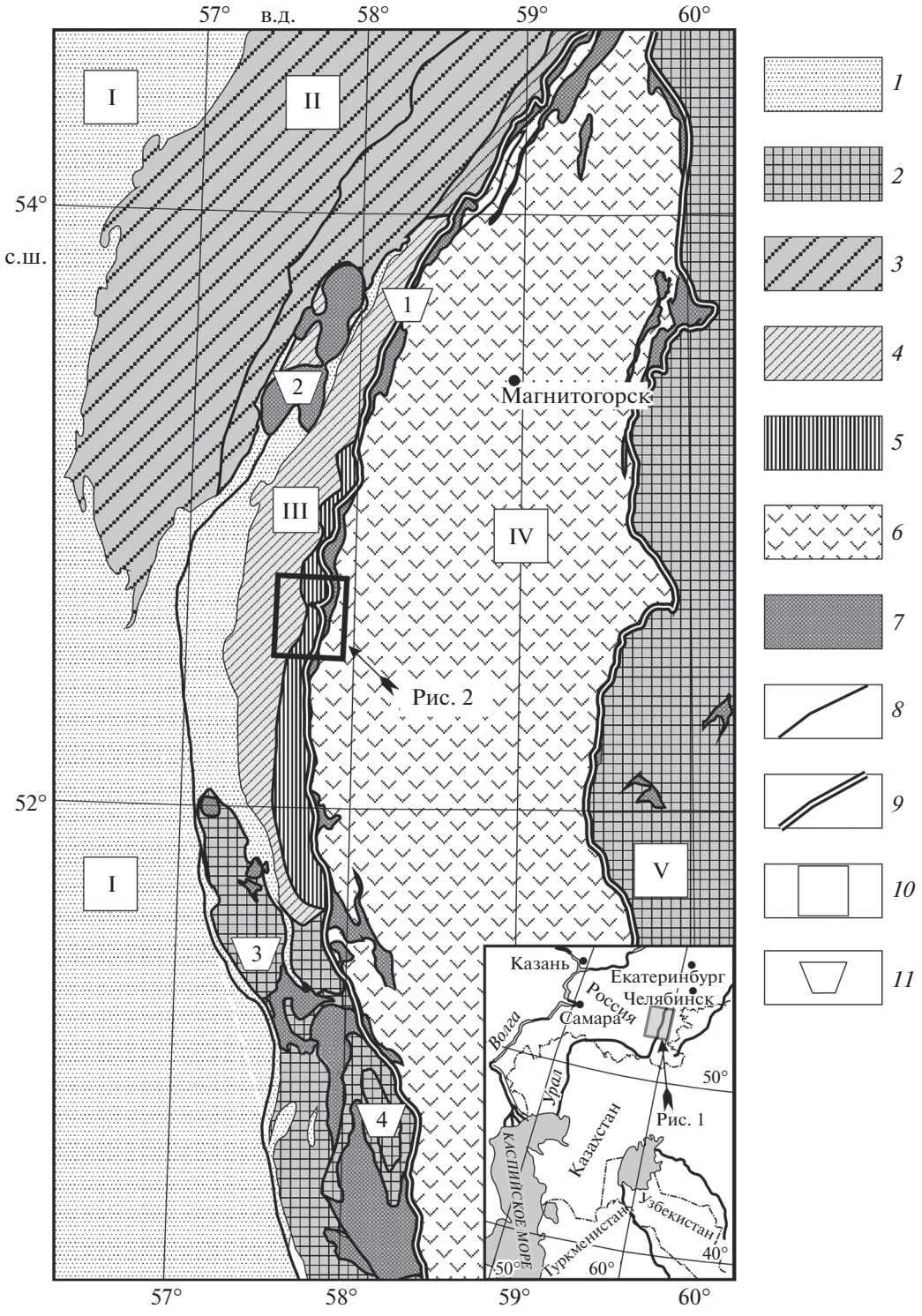

Рис. 1. Схема структурной зональности Южного Урала. Мезозойско-кайнозойский чехол снят. *1* – осадочные толщи девона-верхней перми; *2* – структуры, в которых распространены вендские и кембрийские магматические комплексы; *3* – докембрийские, преимущественно терригенные и карбонатные толщи и перекрывающие терригенно-карбонатные толщи палеозоя нерасчлененные; *4* – докембрийские (?) и палеозойские терригенные и терригенно-кремнистые толщи нерасчлененные (суванякский комплекс); *5* – максютовский эклогит-глаукофан-сланцевый комплекс; *6* – ранне-среднепалеозойские вулканогенные и вулканогенно-осадочные надсубдукционные и рифтогенные комплексы; *7* – офиолиты и серпентинитовые меланжи; *8* – тектонические контакты; *9* – границы структурно-формационных зон; *10* – структурно-формационные зоны и их номера: I – Предуральский краевой прогиб, II – Башкирский мегантиклинорий, III – зона Уралтау, IV – Магнитогорская мегазона, V – Восточно-Уральская мегазона; *11* – частные структуры: 1 – Главный уральский разлом, 2 – Кракинский аллохтон, 3 – Сакмарский аллохтон, 4 – Эбетинская антиформа. Прямоугольником показано положение рис. 2. На врезке показано положение района рис. 1.

комплекс имеет покровно-складчатое строение (см. рис. 2). При этом юмагузинская серия, состоит лишь из юмагузинской свиты, а кварциты галеевской свиты на основании их структурного положения следует относить к карамалинской серии. Галеевские кварциты, отличаясь от юмагузинских кварцитов низким содержанием слюды и наличием в своем составе небольшого количества графитового вещества, слагают линзы и тектонические чешуи среди образований карамалинской серии. По данным [3] среди пород карамалинской серии залегают линзы мраморизованных известняков с палеозойскими конодонтами. Однако до сих пор остаются сомнения, принадлежали ли изначально эти мраморизованные известняки к максютовскому метаморфическому комплексу или являлись включенными в его структуру тектоническими клиньями. Известные U–Pb-датировки (TIMS) зерен обломочного циркона из метапород комплекса [4] недостаточны для определения возраста, поскольку авторами анализировались не все морфологические типы цирконов, а только некоторые, по их мнению, наиболее характерные.

Нами были изучены ключевые разрезы максютовского комплекса по р. Сакмара выше дер. Верхнегалеево и по р. Крепостной Зилаир у дер. Максютово (рис. 2).

Для геохронологического изучения зерен обломочного циркона из кварцитов максютовского комплекса отобраны 2 пробы. Проба G-17-14 (52°09.222′ с.ш., 57° 51.779′ в.д.) взята на правом берегу р. Сакмара, выше дер. Верхнегалеево из желтоватых малослюдистых галеевских кварцитов (кварцитов галеевского типа), слагающих линзу среди графитовых кварцитов и зеленых сланцев карамалинской серии. Проба G-17-39 (52° 15.772′ с.ш., 57° 46.128′ в.д.) отобрана на левом берегу р. Крепостной Зилаир у дер. Максютово из фенгитовых юмагузинских кварцитов, слагающих пологое крыло складчатой структуры юго-восточной вергентности, с запада тектонически перекрытых карамалинской серией (рис. 2).

Зерна циркона, выделенные из галеевских кварцитов, в основном, хорошо окатаны. Размеры зерен от 50 до 200 мкм, метаморфические каймы отсутствуют (рис. 3). Преобладают прозрачные разности бордового, розового и желтоватого цвета, реже встречаются бесцветные разности. Из юмагузинских кварцитов выделены, в основном, идиоморфные и слабоокатанные кристаллы, реже окатанные зерна циркона. Размеры их от 70 до 200 мкм. Циркон полупрозрачный бесцветный и/или белесый, с широкими метаморфическими каймами. Наличие окатанных и полуокатанных зерен циркона, а также характер строения юмагузинских кварцитов с выдержанной полосчатостью, подчеркивающей первичную слоистость, обусловленной чередованием пород с различным содержанием фенгита, указывают на метатерригенный характер толщи и, соответственно, обломочный характер зерен циркона.

Выделенные из галеевских и юмагузинских кварцитов зерна обломочного циркона были вмонтированы в эпоксидную шашку и изучены в проходящем свете. U–Pb-изотопное датирование зерен циркона проведено в ГИН РАН на установке лазерной абляции NWR-213 (“ElectroScientificInc.”), совмещенной с магнито-секторным ICP–MS масс-спектрометром высокого разрешения Element2 (“ThermoScientificInc.”). Методические приемы и константы, использованые для обработки первичных аналитических данных, приведены в работах [8, 11].

Из пробы галеевских кварцитов изучено 103 зерна циркона, для которых получено 98 конкордатных датировок (95%). Они попадают в интервалы 529–594, 956–2144 и 2709–2781 млн лет. На кривой плотности вероятности (КПВ), иллюстрирующей характер распределения полученного возрастного набора, отмечены отчетливые максимумы со значениями 544 (7 зерен), 551 (7 зерен) и 1491 (10 зерен) млн лет. Менее проявлены максимумы со значениями 600 (3 зерна), 657 (3 зерна), 1025 (4 зерна), 1175 (6 зерен), 1224 (4 зерна), 1342 (5 зерен), 1550 (4 зерна), 1782 (3 зерна), 1909 (5 зерен), 1962 (3 зерна), 2004 (4 зерна), 2080 (3 зерна) и 2781 (3 зерна) млн лет (см. рис. 3а).

В пробе (G-17-39) из юмагузинских кварцитов изучено 93 зерна циркона, для которых получено 65 конкордантных датировок (69.9%). Изучены только ядра зерен, метаморфические каймы не исследованы. Конкордантные оценки возраста попадают в интервалы 497–640 и 957–1027 млн лет. На КПВ, иллюстрирующей распределение возрастов зерен циркона из пробы G-17-39, отмечены отчетливые максимумы с возрастом 514 (4 зерна), 548 (19 зерен) и 605 (10 зерен) млн лет и слабый – 1016 (3 зерна) млн лет. Кроме того, в полученном наборе присутствуют единичные зерна с ранненеопротерозойскими и неоархейскими датировки (см. рис. 3б).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Характер распределения полученных возрастов зерен обломочного циркона из проб галеевских и юмагузинских кварцитов различен. В галеевских кварцитах представлены зерна циркона с возрастами от неопротерозоя до мезоархея (см. рис. 3а). Весьма сходный характер распределения датировок ранее был выявлен для ордовикских песчаников Прикасия, Башкирского мегантиклинория и Кракинских аллохтонов [5, 12]. В юмагузинских кварцитах распределение возрастов цирконов почти унимодальное (см. рис. 3б), с резким доминированием вендских датировок и редкими более древними датировками. Анало-

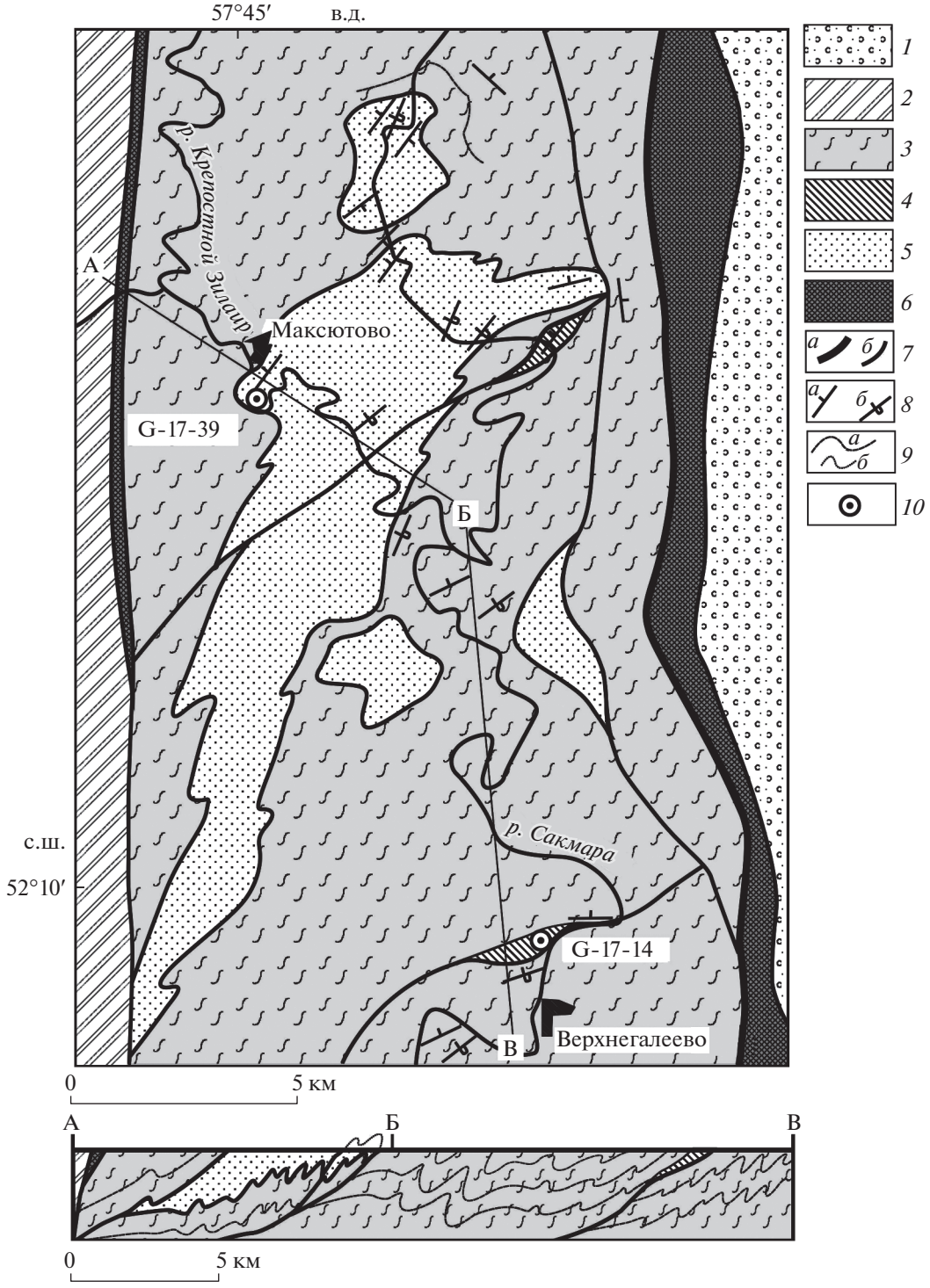

Рис. 2. Схема распространения максютовского комплекса в среднем течении р. Сакмара и схематический геологический разрез по линии А–Б–В. Составлено с использованием [1, 5]. *1* – среднепалеозойские осадочные и вулканогенно-осадочные толщи Магнитогорской зоны; *2* – суванякский комплекс, докембрий, палеозой, метатерригенные, метакремнистые сланцы, кварциты; 3–5 – максютовский комплекс: 3–4 – карамалинская серия: *3* – графитисты есланцы и кварциты, зеленые сланцы, мраморы, *4* – кварциты галеевского типа, *5* – юмагузинская серия – фенгитовые кварциты и кварцито-сланцы; *6* – серпентинитовые меланжи; *7* – тектонические границы: *а* – Главный Уральский разлом, *б* – прочие; *8* – элементы залегания нормальные (*а*), опрокинутые (*б*); *9* – структурные линии: *а* – линии, продолжающие структуры по воздуху на разрезе, *б* – линии простирания сланцеватости в породах карамалинской серии на карте и ориентировку складчатых структур серии на разрезе; *10* – точки отбора проб на детритовые цирконы и их номера.

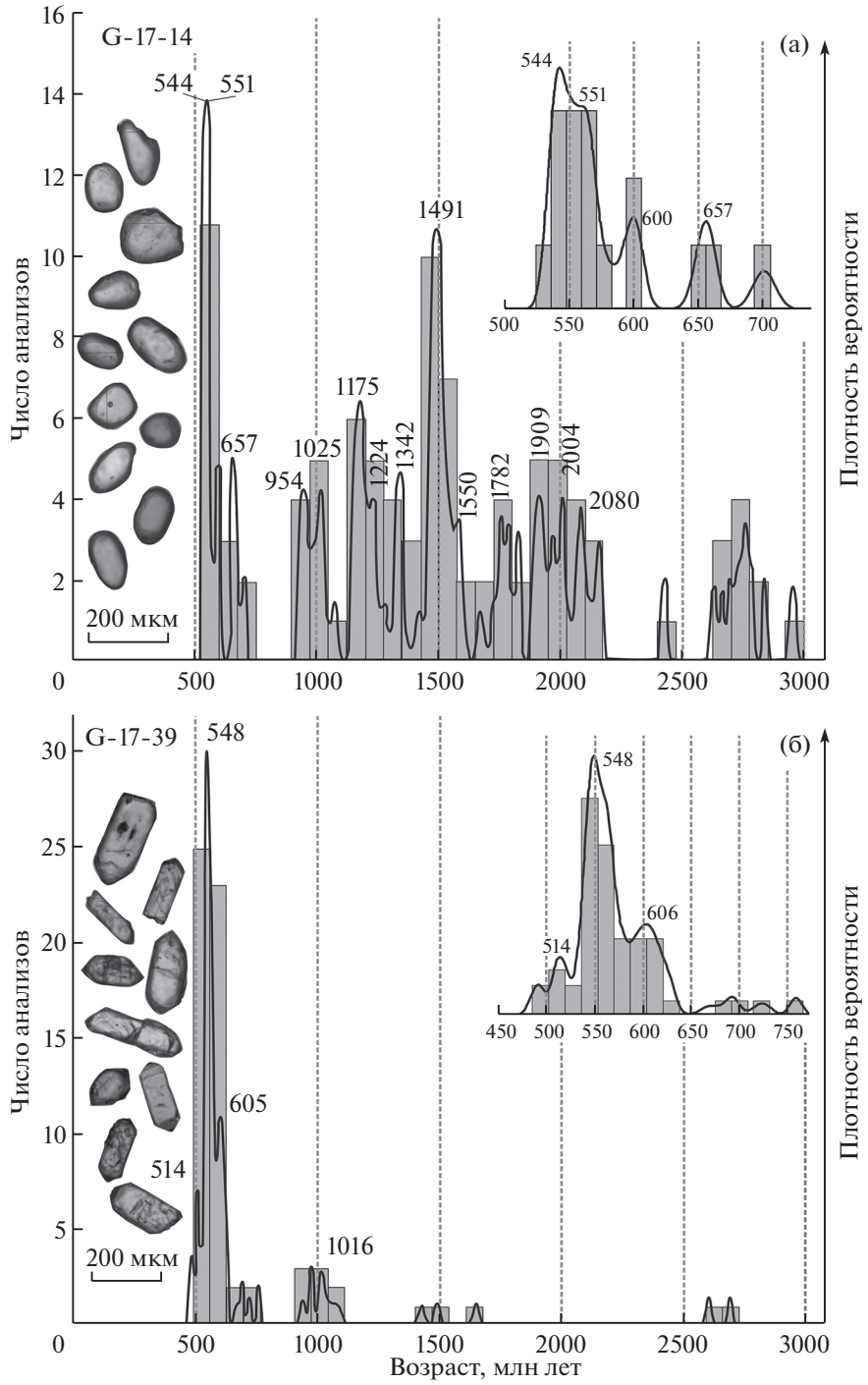

Рис. 3. Гистограммы и графики плотности вероятности распределения возрастов зерен обломочного циркона из кварцитов максютовского метаморфического комплекса, с детализацией для кембрийско-неопротерозойского интервала. Слева показаны оптические микрофотографии типичных по морфологии зерен циркона: (а) проба G-17-14 (карамалинская серия, кварциты галеевского типа), (б) проба G-17-39 (кварциты юмагузинской серии).

гичный характер возрастного распределения выявлен для возрастов зерен циркона из ордовикских терригенных толщ зоны Уралтау, Сакмарских аллохтонов и Восточно-Уральского поднятия [12].

2. Нижний возрастной предел формирования протолитов галеевских и кварцитов карамалинской серии – это начало раннего кембрия (544 млн лет), а для кварцитов юмагузинской серии – середина среднего кембрия (514 млн лет). Сходство

распределения возрастов зерен обломочного циркона из галеевских кварцитов с распределением датировок детритного циркона из ордовикских песчаников Прикасия, Башкирского мегантиклинория и Кракинских аллохтонов, а также из юмагузинских кварцитов с распределением датировок зерен обломочного циркона из ордовикских песчаников зоны Уралтау, Сакмарских аллохтонов и Восточно-Уральского поднятия, позволяет предполагать ордовикский возраст галеевских и юмагузинских кварцитов. Таким образом, в субдукционных процессах участвовали раннепалеозойские осадочные комплексы пассивной окраины палеоконтинента Балтика.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены за счет средств Российского научного фонда, проект № 20–05–00308.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Голионко Б.Г., Рязанцев А.В.* Деформации и последовательность формирования структур северной части области развития максютовского метаморфического комплекса (Южный Урал) // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 2018. №1. С.17–26.
2. *Горохов С.С.* Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXXIV. Объяснительная записка / Ред. Хабаков В.А./ М.: Мингео, 1962. 83 с.
3. *Захаров О.А., Пучков В.Н.* О тектонической природе максютовского комплекса зоны Уралтау. Препринт УНЦ РАН, Уфа, 1994. 31с.
4. *Краснобаев А.А., Давыдов В.А., Ленных В.И.* Геохронологическая эволюция максютовского комплекса (Урал) // ДАН. 1998. Т. 362. № 3. С. 397–401.
5. *Кузнецов Н.Б., Горожанин В.М., Белоусова Е.А., Дегтярев К.Е., Горожанина Е.Н., Романюк Т.В., Каныгина Н.А.* Первые результаты U–Pb датирования детритовых цирконов из ордовикских терригенных толщ Соль-Илецкого блока Восточно-Европейской платформы // ДАН. 2017. Т. 473. № 4. С. 435–458.
6. *Ленных В.И.* Эклогиг-глаукофан-сланцевый пояс Южного Урала. М. Наука, 1977. 160 с.
7. *Лепезин Г.Г., Травин А.В., Юдин Д.С., Волкова Н.И., Корсаков А.В.* Возраст и термическая история максютовского метаморфического комплекса (по $^{40}Ar/^{39}Ar$ данным) // Петрология, 2006. Т. 14. № 1. С.109–125.
8. *Никишин А.М., Романюк Т.В., Московский Д.В., Кузнецов Н.Б., Колесникова А.А., Дубенский А.С., Шешуков В.С., Ляпунов С.М.* Верхнетриасовые толщи Горного Крыма: первые результаты U–Pb датирования детритовых цирконов // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2020. № 2. С. 18–33.
9. Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрий, палеозой) // Анцыгин Н.Я., Золоев К.К., Клюжина М.Л., Наседкина В.А., Попов Б.А., Шурыгина М.В., Щербаков О.А., Якушев В.М. (ред.) Екатеринбург, АООТ Уральская геологосъемочная экспедиция, 1994, 152 с.
10. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении), Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
11. *Романюк Т.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н.* Палеотектонические и палеогеографические обстановки накопления нижнерифейской айской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал) на основе изучения детритовых цирконов методом “TerraneChrone®” // Геодинамика и тектонофизика. 2018. № 1. С. 1–37.
12. *Рязанцев А.В., Кузнецов Н.Б., Дегтярев К.Е., Романюк Т.В. Толмачева Т.Ю., Белоусова Е.А.* Реконструкция венд-кембрийской активной континентальной окраины на Южном Урале по результатам изучения детритовых цирконов из ордовикских терригенных пород // Геотектоника. 2019. № 4. С. 43–59.
13. *Beane R., Leech M.* The Maksyutov Complex: The First UHP Terrane 40 Years Later. / in Cloos M., Carlson W.D., Gilbert M.C., Liou J.G., Sorensen S.S., eds., Convergent Margin Terranes and Associated Regions: A Tribute to W.G. Ernst: Geological Society of America Special Paper 2007. V. 419. P. 153–169.

PALEOZOIC AGE OF METATERRIGENIC SERIES OF THE MAKSYUTOVO METAMORPHIC COMPLEX IN THE SOUTHERN URALS ACCORDING TO RESULTS OF U–Pb DATING OF GRAINS OF DETRITAL ZIRCON

B. G. Golionko[a,#], A. V. Ryazantsev[a], Academician of the RAS K. E. Degtyarev[a], N. A. Kanygina[a], N. B. Kuznetsov[a], V. S. Sheshukov[a], A. S. Dubensky[a], and B. I. Gareev[b]

[a] Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

[b] Kazan Federal University, Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan, Russian Federation

[#] E-mail: golbor62@gmail.com

The first U–Pb isotopic (LA-ICP-MS) dating of detrital zircon grains from quartzites of two series of the Maksyutov metamorphic complex in the Southern Urals was obtained. Zircon grains from Galeevo quartzites are well rounded. The concordant dates of these grains fall into the ranges 529–594, 956–2144 and 2709–

2781 Ma, with the main maxima 544, 551 and 1491 Ma. Zircon grains from Yumaguzino quartzites are idiomorphic and weakly rounded. Their concordant dates fall into the intervals 497–640 and 957–1027 Ma, forming distinct age maxima of 514, 548, and 605 Ma. The data obtained and their comparison with similar data for other strata of the Southern Urals and the Caspian Sea indicate the Ordovician age of the protolith of the studied quartzites of the Maksyutov complex.

Keywords: South Ural, Uraltau zone, Maksutov metamorphic complex, detrital zircon, U–Pb age LA-ICP-MS, Ordovician