

УДК 551.7.902.66

## СРЕДНЕДЕВОНСКИЙ ВОЗРАСТ МЕТАМОРФИЗМА ГРАНАТОВЫХ АМФИБОЛИТОВ В ПОДОШВЕ КЕМПИРСАЙСКОГО ОФИОЛИТОВОГО АЛЛОХТОНА (ЮЖНЫЙ УРАЛ): РЕЗУЛЬТАТЫ U–Th–Pb (SIMS)-ДАТИРОВАНИЯ

© 2021 г. А. В. Рязанцев<sup>1,\*</sup>, А. В. Скобленко<sup>1</sup>, Б. Г. Голионко<sup>1</sup>, О. А. Артемова<sup>2</sup>

Представлено академиком РАН К.Е. Дегтяревым 27.05.2021 г.

Поступило 27.05.2021 г.

После доработки 13.08.2021 г.

Принято к публикации 31.08.2021 г.

В подошве Кемпирсайского офиолитового аллохтона на Южном Урале распространены метагабброидные гранатовые амфиболиты с реликтами парагенезисов высокобарических гранулитов, сформированных на пике метаморфизма при  $P = 12–16$  кбар и  $T = 700^{\circ}–790^{\circ}C$ . Гранатовые амфиболиты представлены высокожелезистыми разностями с ассоциациями граната и реликтами пироксена, и высокоглиноземистыми породами с ассоциациями граната, пироксена, корунда и сапфирина. Подстилающие аллохтон метаморфические породы вендского и нижне-среднепалеозойского разрезов преобразованы в условиях амфиболитовой фации. Задачей проведенных исследований было определение возраста пикового метаморфизма гранатовых амфиболитов. Средняя  $^{206}Pb/^{238}U$  (SIMS, SHRIMP II)-оценка возраста для цирконов из гранатовых амфиболитов соответствует  $392 \pm 4$  млн лет. Полученное значение возраста характеризует время проявления метаморфизма пород, связанного с мантийным магматизмом, сопровождающим обдукцию.

*Ключевые слова:* Южный Урал, офиолиты, Кемпирсайский аллохтон, метаморфическая подошва, гранатовые амфиболиты, U–Pb-возраст цирконов, девон, обдукция

DOI: 10.31857/S2686739721120094

В Кемпирсайском аллохтоне представлен полный разрез офиолитовой ассоциации [1, 12]. Он облекает западное крыло и южную периклиналь Эбетинской антиформы зоны Уралтау, сложенной вулканогенно-осадочными и терригенно-кремнистыми толщами венда и раннего-среднего палеозоя, сформированными на континентальной окраине [11] (рис. 1). Аллохтон смят в синформу, в ядре которой находится дунит-гарцбургитовый комплекс, структурно ниже которого на крыльях залегают мафит-ультрамафитовые комплексы, испытавшие метаморфизм гранулитовой и последующей амфиболитовой фации [2–5, 11]. Метаморфизм амфиболитовой фации проявлен в подстилающих аллохтон толщах венда и нижне-среднего палеозоя. На севере Кемпирсайский аллохтон структурно связан с Хабарнинским

офиолитовым аллохтоном, некоторые комплексы которого имеют сходство с кемпирсайскими.

Задачей проведенных исследований являлось установление возраста метаморфических преобразований пород в подошве Кемпирсайского аллохтона. Возраст определялся по цирконам U–Pb-методом (SHRIMP II) в ЦИИС ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург).

Представительные разрезы метаморфических комплексов обнажены в Куагачском и в Мамытском сегментах Кемпирсайского аллохтона (см. рис. 1а) [2–5, 11]. По положению в структуре и составу ниже дунит-гарцбургитового комплекса выделяются кокпектинский, куагачский, мамытский и восточно-хабарнинский (ВХК) мафит-ультрамафитовые комплексы.

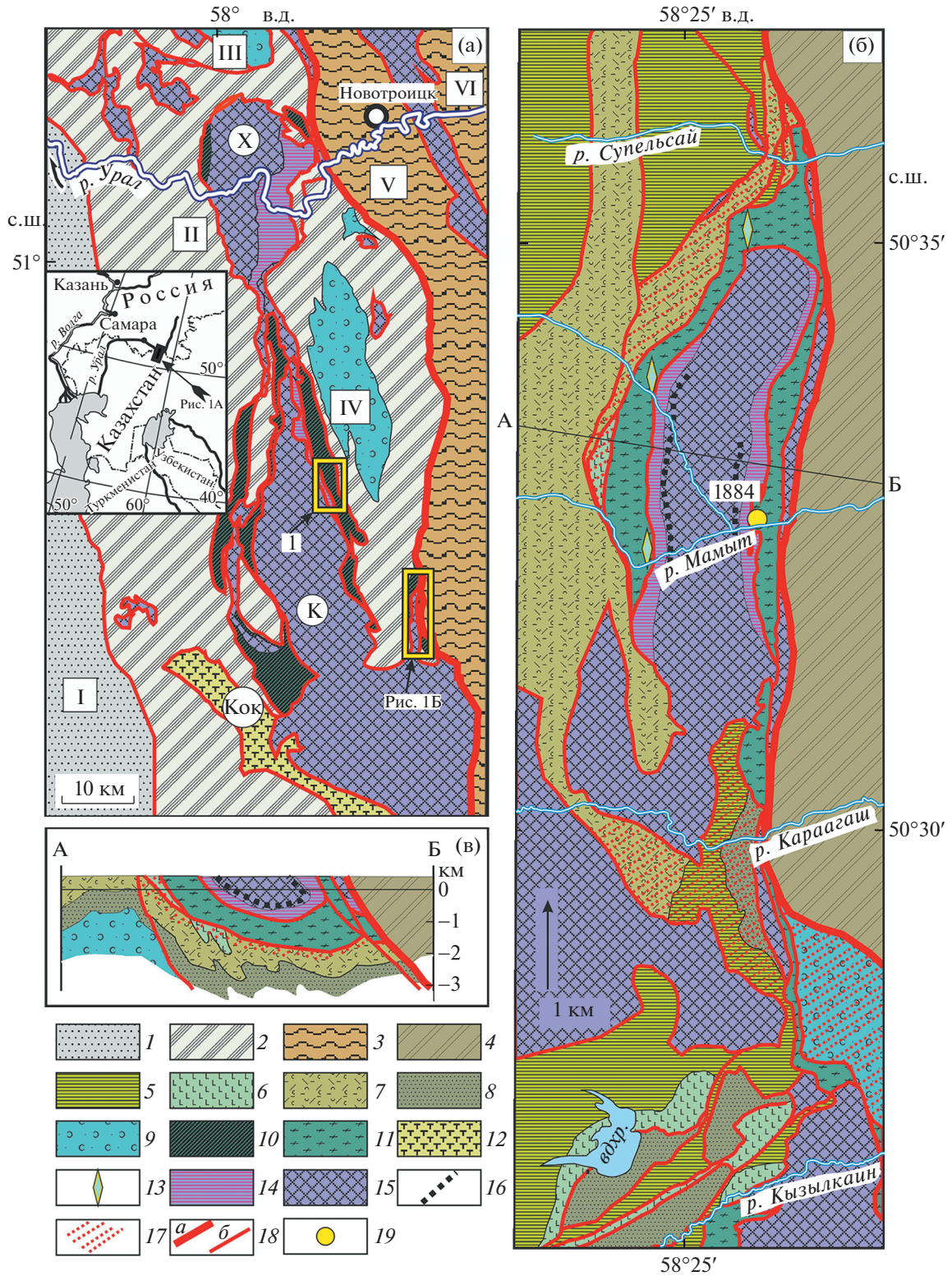
Неметаморфизованные породы кокпектинского дунит-троктолит-габбрового полосчатого комплекса распространены в структуре одноименного массива на юго-западе Кемпирсайского аллохтона [1] (см. рис. 1а).

Куагачский комплекс мезо- и лейкократовых изотропных и такситовых габбро-амфиболитов распространен в Куагачском сегменте аллохтона

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

<sup>2</sup> Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, Москва, Россия

\*E-mail: avryazan51@mail.ru

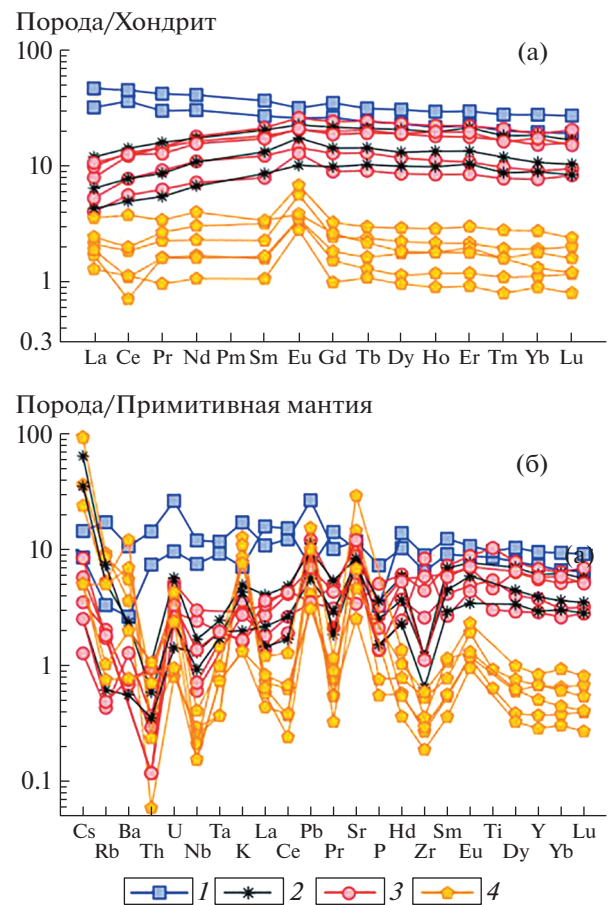




**Рис. 1.** Кемпирсайский и Хабарнинский аллохтоны в структуре Южного Урала, составлено с использованием изданных геологических карт масштаба 1:200000, а также по [5, 13] с дополнениями и изменениями (а), схема Мамытского сегмента Кемпирсайского аллохтона (б) и геологический разрез по линии А–Б (в) по данным авторов. 1 – флиш и граувакки верхнего девона-карбона; 2 – кембрийско-позднедевонские комплексы пассивных и конвергентных окраин нерасчлененные; 3 – ордовикско-девонские комплексы конвергентных окраин; 4 – палеозойские комплексы под мезозойско-кайнозойским чехлом; 5 – ачуринская толща (нижний-средний девон) и сакмарская свита (нижний силур-нижний девон) нерасчлененные, кремни, известняки, углеродистые сланцы; 6 – дергайшская свита (нижний силур), базальты, кремни, известняки; 7 – губерлинская свита (средний-верхний ордовик), туфы риолитов; 8 – кидрясовская свита (нижний ордовик), песчаники, алевриты; 9 – лушниковская свита (венд), вулканогенные породы дифференцированной серии; 10 – метаморфизованные офиолитовые комплексы габбро и долеритов (мамытский, куагачский, кокпектинский комплексы нерасчлененные); 11 – мамытский комплекс, амфиболиты, гранатовые амфиболиты; 12 – кокпектинский дунит-троктолит-габбровый комплекс; 13 – точки вне масштаба ксенолитов метаморфических пород куагачского комплекса (по такситовым габбро с дайками долеритов) и кокпектинского комплекса (по троктолитам), 14 – восточно-хабарнинский дунит-верлит-клинопироксенит-габброноритовый комплекс; 15 – дунит-гарцбургитовый комплекс; 16 – шпильеры хромититов; 17 – ареал амфиболитового метаморфизма в породах вендского и палеозойского разрезов; 18 – тектонические контакты: Главный уральский разлом (а), прочие (б); 19 – точка отбора пробы на абсолютный возраст и ее номер. Римскими цифрами и буквами обозначены структуры: I – Зилаирский прогиб, II – Сакмарский аллохтон, III – зона Уралтау, IV – Эбетинская антиформа, V – Присакмаро-Вознесенская зона, VI – Магнитогорская мегазона; офиолитовые массивы (аллохтоны): X – Хабарнинский, К – Кемпирсайский, Кок – Кокпектинский. Прямоугольниками показано положение Куагачского (1) и Мамытского (рис. 1б) сегментов Кемпирсайского массива. На врезке черным прямоугольником показано положение территории рис. 1а.

[2–5]. Комплекс сопровождается роями и пакетами долеритовых даек, сходными по составу с вмещающими габбро. Ширина выхода комплекса не превышает 1 км. Комплекс тектонически налегает на альбит-актинолитовые metabазальтовые сланцы с реликтами подушечного строения (дергайшская свита (?) нижнего силура). Вблизи перекрывающего восточно-хабарнинского комплекса габбро-амфиболиты превращены в мигматизированные гранатовые амфиболиты с шириной выхода до 250 м.

Мамытский комплекс распространен, в основном, в одноименном сегменте Кемпирсайского аллохтона, представленного здесь меридионально вытянутой синформой (рис. 1 Б). Фрагмент разреза метаморфических пород на крыльях и северном замыкании синформы представлен меланократовыми гранатовыми амфиболитами с клинопироксеном и габбро-амфиболитами. На северной центральной синформе мигматизированные гранатовые амфиболиты с тектоническим контактом залегают выше ордовикских (?) метатуфов с гранатом и сине-зеленой роговой обманкой, а на западном крыле – на альбит-актинолитовых metabазальтовых сланцах нижнего силура (?) и имеют ширину выхода 250–600 м. В Куагачском сегменте гранатовые амфиболиты мамытского комплекса образованы по габброидам даек, прорывающих такситовые габбро-амфиболиты куагачского комплекса. В Мамытском сегменте вблизи контакта с перекрывающими породами восточно-хабарнинского комплекса гранатовые амфиболиты мамытского комплекса содержат линзовидные ксеноблоки (ксенолиты?) мощностью до 60 м мезо- и лейкократовых метагаббро куагачского комплекса, и метатроктолитов кокпектинского комплекса (см. рис. 2б).



**Рис. 2.** Спайдер-диаграммы составов, нормализованных к хондриту (а) и примитивной мантии (б) по (Sun, McDonough, 1989) для метаморфических пород в подошве Кемпирсайского аллохтона. 1 – мамытский комплекс, гранатовые пироксен-содержащие амфиболиты; 2–3 – куагачский комплекс: 2 – габбро-амфиболиты, 3 – гранатовые амфиболиты; 4 – метатроктолиты кокпектинского комплекса.

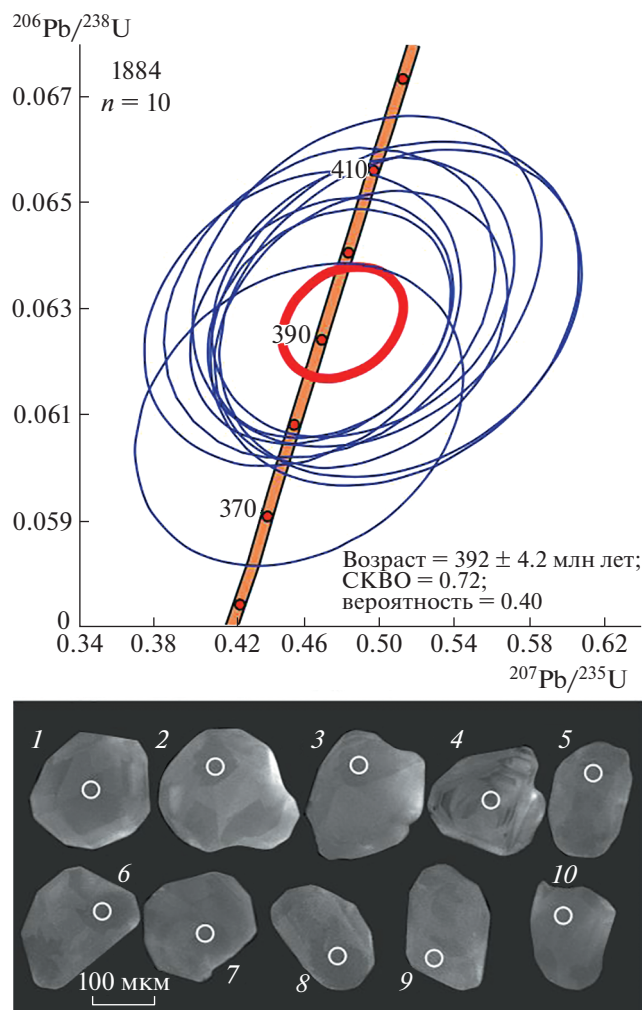


Рис. 3. Диаграмма с конкордией и CL-микрофотографии цирконов для гранатовых пироксен-содержащих амфиболитов мамытского комплекса (проба 1884). На фотографиях номера точек соответствуют номерам анализов в табл. 1.

В разрезе восточно-хабарнинского комплекса, петротипический разрез которого описан в структуре Хабарнинского аллохтона [7, 10], в Куагачском сегменте и на крыльях синформы Мамытского сегмента присутствуют тонкопереслаивающиеся дуниты, верлиты, клинопироксениты, габбронориты. Ширина выхода комплекса составляет 350–800 м.

Породы перечисленных комплексов сближены в структуре, внешне очень сходны, но имеют существенные различия по составу.

Меланократовые гранатовые амфиболиты мамытского комплекса, из которых выделены датированные цирконы, это породы с порфиробластовой структурой. Зерна граната окружены вытянутыми кристаллами амфибола, плагиоклаза, в редких случаях ксеноморфными кристаллами моноклинного пироксена. По составу гранатовые амфиболиты соответствуют пикробазальтам и ба-

зальтам, с натриевым типом щелочности. Породы принадлежат толеитовой серии с  $\text{TiO}_2 = 1.7\text{--}3.0\%$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10.1\text{--}12.1\%$ ;  $F = \text{FeO}^*/(\text{FeO}^* + 1.37\text{MgO}) = 0.5\text{--}0.6$ ;  $(\text{La}/\text{Yb})_n = 1.6\text{--}1.7$  (рис. 2).

Метагабброиды куагачского комплекса по составу отвечают пикробазальтам и базальтам с натриевым типом щелочности с  $\text{TiO}_2 = 0.8\text{--}1.1\%$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 15\text{--}17\%$ ;  $F = 0.4\text{--}0.5$ ;  $(\text{La}/\text{Yb})_n = 0.4\text{--}0.7$ .

Лейко- и мезократовые габбро и троктолиты кокпектинского комплекса превращены в клиноцоизит-амфибол-пироксеновые породы с порфиробластами граната, корунда, Cr-ставролита, сфена, сапфирина. Состав габброидов соответствует пикробазальтам и базальтам. Метатроктолиты имеют  $\text{TiO}_2 = 0.1\text{--}0.55\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17\text{--}26\%$ ,  $F = 0.2\text{--}0.5$ . Они в значительной степени обеднены РЗЭ,  $(\text{La}/\text{Yb})_n = 0.3\text{--}1.0$ , с положительной Eu-аномалией ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.1\text{--}2.7$ ) и отрицательной Ta–Nb-аномалией.



**Таблица 1.** Результаты геохронологических U–Th–Pb-исследований циркона из гранатовых амфиболитов мамытского комплекса (проба 1884)

№ Анализа	$^{206}\text{Pb}_c$ , %	Содержание, мкг/г			Изотопные отношения				Rho	Возраст, млн лет
		$^{206}\text{Pb}^*$	U	Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
1	0.00	1.89	35	37	1.08	$0.053 \pm 7.3$	$0.0628 \pm 1.8$	$0.459 \pm 7.5$	0.2	$392.9 \pm 7$
2	0.00	2.06	38	41	1.09	$0.055 \pm 5.4$	$0.0627 \pm 1.4$	$0.473 \pm 5.6$	0.3	$392.1 \pm 5$
3	0.00	1.08	21	10	0.50	$0.054 \pm 7.5$	$0.0610 \pm 1.9$	$0.457 \pm 7.8$	0.2	$381.6 \pm 7$
4	0.00	1.81	34	27	0.83	$0.054 \pm 5.9$	$0.0628 \pm 1.5$	$0.469 \pm 6.1$	0.3	$392.4 \pm 6$
5	0.00	1.09	20	12	0.65	$0.056 \pm 7.5$	$0.0635 \pm 2.0$	$0.493 \pm 7.7$	0.3	$397.2 \pm 8$
6	0.00	1.05	19	9	0.49	$0.059 \pm 7.4$	$0.0629 \pm 2.0$	$0.511 \pm 7.7$	0.3	$393.5 \pm 8$
7	0.00	1.00	19	11	0.63	$0.059 \pm 7.6$	$0.0629 \pm 2.1$	$0.508 \pm 7.9$	0.3	$393.3 \pm 8$
8	0.00	1.60	30	23	0.81	$0.057 \pm 6.3$	$0.0626 \pm 1.7$	$0.49 \pm 6.5$	0.3	$391.5 \pm 6$
9	0.00	1.16	21	13	0.65	$0.054 \pm 7.4$	$0.0631 \pm 1.9$	$0.473 \pm 7.6$	0.3	$394.4 \pm 7$
10	0.00	1.47	27	17	0.65	$0.056 \pm 6.5$	$0.0632 \pm 1.7$	$0.491 \pm 6.7$	0.3	$395.3 \pm 7$

Примечание: Погрешность – 1σ; Pbс и Pb\* – пропорции обычного и радиогенного свинца соответственно; погрешность в калибровке стандарта – 0.25%, Rho – коэффициент корреляции ошибок  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} - ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ .

Габбро и габбронориты дунит-верлит-клинопироксенит-габброноритового восточно-хабарнинского комплекса отличаются от описанных выше метагабброидов повышенным содержанием K, Rb, Sr, при умеренной глиноземистости, низком содержании TiO<sub>2</sub>, с дифференцированным спектром РЗЭ и высоким La/Yb-отношением [10].

Пиковая ассоциация гранатовых амфиболитов с реликтами клинопироксена мамытского комплекса по гранат-пироксеновому термометру и барометру [6, 15] характеризуется параметрами T = 790°C и P = 12 кбар, отвечающими гранулитовой фации, с последующей декомпрессией при T = 770° и P = 7.4 кбар и охлаждением при T = 660°C и P = 7.3 кбар, соответствующих условиям амфиболитовой фации. Минеральные парагенезисы метатроктолитов кокпектинского комплекса включают высокомагнезиальный гранат и ортопироксен с низким содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.2–1.9%), что позволяет оценить параметры давления, соответствующие 14–16 кбар, при температурах 700°–750°C. Пиковые минеральные парагенезисы метатроктолитов типичны для высокобарических гранулитов. Присутствие в породах сапфирина позволяет предполагать и более высокие температуры. По данным [5] температура образования метаморфических парагенезисов в Мамытском сегменте достигала 1000°C.

На восточном крыле синформы Мамытского сегмента Кемпирсайского аллохтона из гранатовых амфиболитов мамытского комплекса в точке

1884 (50°32′37.2 с.ш., 58°26′01.0″ в.д.) (см. рис. 1 Б) была взята проба весом 5 кг, из которой были выделены 0.01 г кристаллов циркона. Цирконы бесцветные, прозрачные, округлой изометричной многогранной формы, на CL-изображениях лишены зональности. Морфология и внутренняя структура цирконов свидетельствуют об их метаморфической природе и принадлежности к так называемому “гранулитовому” типу. По-видимому, цирконы сформированы при пиковых параметрах метаморфизма пород. Средневзвешенная U–Pb-оценка возраста цирконов составляет  $392 \pm 4$  млн лет и отвечает среднему девону (рис. 3, табл. 1).

Из амфиболитов на юге Кемпирсайского массива ранее были выделены цирконы, подобные вышеописанным, U–Pb (La–ICP–MS)-возраст которых соответствует  $410 \pm 6$  млн лет [14]. Значения возраста около 411–423 млн лет получены разными методами для гранатовых амфиболитов и кристаллических сланцев гранулитовой фации в обрамлении ВХК в подошве Хабаровинского аллохтона (см. рис. 1 А) [9, 10]. Считается, что гранулитовый метаморфизм связан со становлением восточно-хабарнинского комплекса [9, 10]. Значения изотопного возраста разных пород ВХК и его комагматов варьируют в интервале 412–363 млн лет [10]. В подстилающих ВХК амфиболитах Хабаровинского аллохтона отмечается регрессивная эволюция метаморфизма и связанные с амфиболитовой стадией возрасты 389–397 млн лет [10].

Сходные с описанными в Кемпирсайском районе метабазами комплексы распространены в зоне ГУР и в связанных с ним офиолитовых аллохтонах, где образование высокотемпературных и высокобарических парагенезисов связывается с эволюцией мантийного диапира [8].

Возраст метаморфических цирконов  $392 \pm 4$  млн лет близок к возрасту пикового метаморфизма распространённых севернее в зоне Уралтау эклитов в УНР максютовском комплексе ( $388 \pm 4$  млн лет), образованном при коллизии дуга-континент [16].

Совмещение комплексов океанической литосферы и континентальной окраины, наблюдаемое в Хабаровинском и Кемпирсайском аллохтонах, связывается с обдукцией. По времени с обдукцией совпадает начало проявления мантийного магматизма, обусловленного подъемом мантийного диапира и представленного ВХК, и гранулитовый метаморфизм [10]. Приведенные выше ранне- и среднедевонские оценки возраста магматических пород ВХК и проявления метаморфизма в подошвах Кемпирсайского и Хабаровинского аллохтонов обусловлены, вероятно, длительностью аккреционно-коллизивных процессов на континентальной окраине, при которых происходила эволюция изотопных систем магматических и связанных с ними метаморфических комплексов.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность В.Ф. Коробкову (АКТЮБНИГРИ) за ценные советы и консультации.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 20-05-00308, № 20-55-18017, в рамках госзадания 0135-2019-0049.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балыкин П.А., Лавренчук А.В., Леснов Ф.П., Петрова Т.Е.* Условия формирования и особенности состава Кокпектинского дунит-троктолит-габбрового массива Кемпирсайской офиолитовой ассоциации Южного Урала // *Литосфера*. 2007. № 4. С. 41–58.
2. *Ефимов А.А.* Габбро-гипербазитовые комплексы Урала и проблема офиолитов. М.: Наука, 1984. 232 с.
3. *Ефимов А.А., Царицын Е.П.* Образование пироповых амфиболитов по оливиновым габброидам в контактовой зоне Кемпирсайского гипербазитового массива // *Геология метаморфических комплексов Урала*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975. С. 26–36.
4. *Панях Н.А., Соболев С.Ф., Петрова Т.Л., Меламедов С.В.* Природа амфиболитов Кемпирсайского и Мамытского массивов // *Изв. АН СССР. Сер. Геол.* 1983. № 2. С. 25–37.
5. *Перцев А.Н., Савельев А.А.* Габбро-амфиболиты в подошве офиолитов Кемпирсайского массива на Южном Урале: петрологические и тектонические аспекты формирования // *Геотектоника*. 1994. № 3. С. 21–35.
6. *Перчук А.Л.* Новый вариант омфациит-альбит-кварцевого геобарометра с учетом структурных состояний омфациита и альбита // *ДАН СССР*. 1992. Т. 324. С. 1286–1189.
7. *Петрология постгарцибургитовых интрузивов кемпирсайско-хабарнинской офиолитовой ассоциации (Южный Урал)* // Балыкин П.А., Конников Э.Г., Кривенко А.П., Леснов Ф.П., Лепетюха В.В., Литвинова Т.И., Пушкарев Е.В., Ферштатер Г.Б. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 160 с.
8. *Пушкарев Е.В., Рязанцев А., Третьяков А., Белова А.А., Готтман И.А.* Гранатовые ультрамафиты и мафиты в зоне Главного уральского разлома на Южном Урале: петрология, возраст и проблема образования // *Литосфера*. 2010 (5). С. 101–133.
9. *Пушкарев Е.В., Ферштатер Г.Б., Костицын Ю.А., Травин А.В.* Новые данные об изотопном возрасте магматических пород Хабаровинского мафит-ультрамафитового аллохтона: геологические следствия // *Ежегодник—2007. Информац. Мат—лы ИГиГ УрО РАН*. Екатеринбург: ИГиГ УРО РАН, 2008. С. 277–285.
10. *Пушкарев Е.В., Травин А.В., Кудряшов Н.М., Готтман И.А., Серов П.А., Бирюзова А.П., Юдин Д.С.* Изотопная геохронология магматических и метаморфических комплексов Хабаровинского мафит-ультрамафитового аллохтона на Южном Урале и история его становления // *Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Мат. III межд. конф. Т. 2*. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН. 2009. С. 125–132.
11. *Русин АМ.* Высокобарический метаморфизм Мамытского габбро-гипербазитового массива (Южный Урал) // *Ежегодник ИГиГ УрО РАН*. Екатеринбург, 1995. С. 86–93.
12. *Рязанцев А.В., Толмачева Т.Ю.* Ордовикские вулкано-генные и плутонические комплексы Сакмарского аллохтона на Южном Урале // *Геотектоника*. 2016. № 6. С. 1–28.
13. *Савельева Г.Н., Шараськин А.Я., Савельев А.А. и др.* Офиолиты зоны сочленения южных уралид с окраиной Восточно-Европейского континента // *Урал: фундаментальные проблемы геодинамики и стратиграфии*. М.: Наука, 1998. С. 93–117.
14. *Ферштатер Г.Б., Беа Ф., Монтеро П., Краснобаев А.А. и др.* Эволюция палеозойского интрузивного магматизма Среднего и Южного Урала // *Литосфера*. 2005. № 3. С. 57–72.
15. *Krogh Ravna E.* The Garnet-clinopyroxene  $Fe^{2+}$ -Mg Geothermometer: An Updated Calibration // *J. Metamorph. Geol.* 2000. 18. P. 211–219.
16. *Leech M.L., Willingshofer E.* Thermal Modeling of the UHP Maksyutov Complex in the South Urals // *Earth and Planetary Science Letters*. 2004. V. 226. P. 85–99.

## MIDDLE DEVONIAN AGE OF METAMORPHISM OF GARNET AMPHIBOLITES IN THE SOLE OF THE KEMPIRSAL OPHIOLITE ALLOCHTHON (SOUTHERN URALS): RESULTS OF THE U-Th-Pb (SIMS) DATING

A. V. Ryazantsev<sup>a, #</sup>, A. V. Skoblenko<sup>a</sup>, B. G. Golionko<sup>a</sup>, and O. A. Artyomova<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Geological institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>b</sup> Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow, Russian Federation

<sup>#</sup>E-mail: avryazan51@mail.ru

Presented by Academician of the RAS K.E. Degtyarev

In the sole of the Kempirsai ophiolite allochthon (Southern Urals) metagabbroid garnet amphibolites, formed after high-pressure granulites with the estimated P-T peak of 12–16 kbar at 700–790°C, have been identified. The garnet amphibolites include ferroan varieties with the predominant assemblages of garnet along with the relics of pyroxene, and high-alumina varieties composed of garnet, pyroxene, corundum and sapphirine. Ediacaran and Early-Middle Palaeozoic sequences underlying the allochthon, were metamorphosed in the amphibolite facies conditions. The conducted studies were aimed to determine the peak metamorphic age of the garnet amphibolites. A mean  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  (SIMS, SHRIMP II) age estimate obtained from the zircons of the garnet amphibolites, corresponds to  $392 \pm 4$  Ma. The obtained age estimate characterizes the timing of metamorphism occurrence in response to the mantle magmatism, accompanying an obduction.

*Keywords:* Southern Urals, ophiolites, Kempirsai allochthon, metamorphic base, garnet amphibolites, U–Pb zircon dating, Devonian, obduction