

## ГРАНИТОИДЫ УФАЛЕЙСКОГО БЛОКА: ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ, ВОЗРАСТ, ИСТОЧНИКИ, ПРОБЛЕМЫ

© 2016 г. Г. Ю. Шардакова\*\*\*

\*Институт геологии и геохимии УрО РАН  
620016, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15  
E-mail: shardakova@igg.uran.ru

\*\*Уральский государственный горный университет  
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Поступила в редакцию 20.06.2016 г.

Принята к печати 14.07.2016 г.

Приведена сводка данных по составу, возрасту, изотопным параметрам для гранитоидов Уфалейского блока, расположенного в зоне аккреции между Уралом и Восточно-Европейской платформой. Гранитоиды маркируют главные этапы развития структуры: от континентального рифтогенеза (эпизоды 1100–880, 570–533, 476–457 млн лет) с полным и неполным разрывом сплошности коры, до начала орогенеза (около 317 млн лет) и коллизионных событий (260–250 млн лет). На основе изотопных данных показано, что имеет место вещественная эволюция субстрата во времени, отражающая нарастание доли сиалического компонента в источнике, необходимого для выплавления гранитов. В Уфалейском блоке и соседней граничной структуре – Башкирском мегантиклинории – зафиксировано максимальное число импульсов гранитообразования. Это указывает на вовлечение здесь окраины ВЕП во все эпизоды тектоно-магматической активности, начиная с рифейского внутриплитного рифтогенеза и заканчивая палеозойским орогенезом, максимально проявленным при формировании собственно Уральско-го коллизионного орогена.

Ключевые слова: *гранитоиды, аккреция, рифтогенез, коллизия, субстрат.*

В истории развития Уральского подвижного пояса, как известно, проявлены все геодинамические режимы – от континентального рифтинга и последующего спрединга до коллизии и процессов скольжения плит. Структура, именуемая сейчас Уральским орогеном, активно взаимодействовала с соседними, более стабильными областями, образовываясь (раскол края Восточно-Европейской платформы (ВЕП)) и преобразовываясь (коллизия плит) за счет них, а впоследствии – влияя на ближайшее окружение. В результате в зоне сочленения Урала с ВЕП сформировалась сложная построенная зона аккреции, в составе и строении которой отразились разные этапы геодинамической истории. Одной из структур, входящих в данную зону, является Уфалейский блок (УБ), тщательно изучаемый длительное время [1–7 и мн. др.]. Тем не менее, решены еще не все проблемы, касающиеся возраста, субстрата и геодинамических режимов для формирующих УБ пород, среди которых ключевую роль играют гранитоиды.

Самые упрощенные представления о составе и строении УБ таковы: это небольшой фрагмент края ВЕП, отколовшийся от нее и причлененный впоследствии к Уралу (с запада). В блоке представлены древние комплексы фундамента платформы, в разной степени выведенные на поверхность; ак-

тивно проявлены тектоно-магматические процессы с широким интервалом возрастов и составов. Большая часть площади сложена амфиболитами и гнейсами; в субстрате для разных частей УБ доля осадочного и магматического материала варьирует. Восточная часть, приближенная к зоне Главного Уральского разлома (ГУР), сформирована метаморфитами разного состава и фиксирует следы высокобарических преобразований и активной многоэтапной тектоники. Допускается присутствие в пределах УБ реликтов древнего мантийного вещества (см. далее). Широко развиты разновозрастные гранитоиды, являющиеся объектом данного обзора. Для краткости изложения комплексные данные по ним приведены в табл. 1. Подробно геология, минералогия и петрогеохимия гранитоидов описаны неоднократно, в том числе и автором (см. список литературы и ссылки в работах из него).

Докембрийский возраст гранито-гнейсов (и сопряженных с ними амфиболитов) (см. столбец 2, табл. 1), распространенных в центральной части УБ, до сих пор остается под вопросом, поскольку после работы [6] не удалось получить в этих породах древних циркон, даже по цирконам [5]. Первым надежным подтверждением присутствия докембрийской субстанции в составе УБ, по-видимому, можно считать полученный недавно возраст клинопирок-

**Таблица 1.** Геологическая позиция, петрогеохимические и изотопно-возрастные параметры гранитоидов Уфалейского блока (УБ)**Table 1.** Position, petrogeochemical, isotope data and age for granitoides of the Ufaley block

Объект Параметр	Егустинская и слюдяногор- ская свиты	Чусовской комплекс	Битимский комплекс (Никольский массив)	Козлино- горский комплекс	Уфалейкин- ский комп- лекс (Н. Уфа- лейский массив)	Суховязов- ский массив	Кизильский комплекс
1	2	3	4	5	6	7	8
Позиция в УБ	Центр и запад	Дайки на се- вере, восто- ке, в центре	Восток	Западная гра- ница УБ и БМА, восток БМА	Северо-запад, дайки на восто- ке	Западная гра- ница УБ и ГУР	Дайки в центре, на востоке
Породы	Гранито- гнейсы	Плагио- гранито- гнейсы	Гранито- гнейсы	Щелочные граниты	Граниты	Граниты	Граниты
Возраст, млн лет	900–1100 [6]	881*; венд [1]	579, 533	476–472 [7]; 457	316, 317	316 [9]	267
Метод	U-Pb	K-Ar	Ar-Ar, Rb-Sr	Ar-Ar, U-Pb	Rb-Sr, Sm-Nd	U-Pb	Rb-Sr
Изотопные параметры	$\epsilon Nd$ от –3 до –9	–	$I_{Sr} = 0.703389$	–	$I_{Sr} = 0.70428$ $\epsilon Nd = +4$	–	$I_{Sr} = 0.70553$
$P_{общ}$ , кбар	5–6	5–6	4–5	4–5	9–10	5.5	2–3
$\Sigma PЗЭ$	100–300	18–40	150–200	200–300	40–100	50–110	50–80
La/Yb	6–9	5–23	4–5	15–20	10–30	12–18	10–40
Аномалии (к MORB)	(+) Nb (–) Ti, Sr, Ba	–	сл. (–) Ti, Sr, Zr (+) Th сл. (+) Ba, Sr	(+) Nb, Ti, Zr сл. (+) Ba, Sr	(–) Nb, Ti (+) Sr	(–) Nb, Ti (+) Sr	(–) Ti, Sr (+) Nb, Zr, Th, U
Eu/Eu*	0.2–0.5	0.8–1.3	0.1–0.6	нет	1–1.3	0.9–1.2	0.4–0.7
Др. особенно- сти	Высокие со- держания Fe, Ti	Мигматизи- рованы	Высокие со- держания Fe, Ti	Продуктив- ны на Nb, Zr	Содержат ксеноли- ты гнейсов (столбцы 3, 4)	Содержат цирконы 1380 млн лет	Секут все
Возраст мета- морфизма	511 [5], 316–293 [2]	600–500, 320	320, 270	413, 313–307, 255	–	–	–
Геодинамиче- ский режим	Внутриплит- ный рифто- генез	Эпизод Риф- тогенеза	Рифтогенез/ орогенез	Внутриплит- ный рифтоге- нез/плюм (?)	Орогенез	Орогенез	Коллизия

Примечание. Если данные не авторские, приводятся ссылки на работы. \*Цифра взята из геологических фондов (1992). Проверк – нет информации; сл. – слабая аномалия.

Note. See the reference in brackets if there is no author data. \*Age from the geological foundation (1992). Dash – information is absent, сл. – weak anomaly (to MORB).

сенитов Шигирских сопок (ЮЗ УБ); где “древние датировки практически повторяют возрастные рубежи навьшских вулканитов, отражая структурно-тектоническую связь шигирских клинопироксенитов с рифтогенным магматизмом нижнего рифея на Южном Урале. В совокупности с данными о докембрийском возрасте израндитов и клинопироксенитов александровского комплекса (и их геохимией) они указывают на аномальный, обогащенный кальцием, характер протоуральской мантии” [4].

По минералогии и петрогеохимическим особенностям **гранито-гнейсы (в составе егустинской**

**и слюдяногорской свит)** очень близки к древним континентально-рифтогенным образованиям Башкирского мегантиклинория (БМА): риолитам машакской свиты и комагматичным им гранитам Губенского массива (возраст 1380–1350 млн лет). Так что принадлежность их к этапу раннего внутриплитного магматизма не вызывает сомнений.

Следующий импульс фиксируется внедрением пород **козлиногорского комплекса** (ряд от субщелочного габбро и сиенита до щелочного гранита) [7, 8]. Отметим, что породы, относимые к данному комплексу, распространены как в пределах са-

мой западной части УБ, так и немного западнее – в пределах крайней восточной части Башкирского мегантиклинория (БМА) (см. рис. 1 в [7]). При этом цифры **U-Pb возраста (по цирконам), полученные** по гранитоидам (а также и габбро) из разных тел, варьируют от 476–470 млн лет [7] до 457–455 млн лет [8]. Это позволяет предположить, что массив формировался в течение длительного временного интервала, давая “сложно построенную мультиплетную серию” [7]. Кроме того, в более восточных телах пород козлинского комплекса, расположенных в контурах УБ (где развиты граниты разного возраста (см. колонки 5–8 табл. 1)), в цирконах четко зафиксированы этапы метаморфизма, синхронные с возрастом упомянутых гранитов (313–307, 255).

Возраст, петрогеохимия и рудная специализация указывают на сходство данного комплекса с известными щелочными (до карбонатитовых) комплексами Урала (Сысертско-Ильменогорская зона), для которых предполагается участие в субстрате вещества обогащенной мантии и, возможно, плюмового компонента [10]; не отрицается существования в это время к востоку от ГУР островной дуги (?). Некоторые особенности геохимии козлинских гранитов допускают присутствие плюмового компонента [8]; общая геологическая обстановка, по-видимому, указывает на то, что это был один из этапов внутриплитного магматизма.

В позднем рифее (?) этап гранитообразования проявился в формировании гранитных мигматитов **чусовского комплекса** (по [1]). На процессы частичного плавления протовещества типа описанных ранее гранитов и гнейсов могут указывать как форма и положение гранитных тел, так и поведение в них элементов-примесей. Это чисто анатектические образования, причем движения и энергетика процесса, вероятно, обеспечивались очередным импульсом продолжающегося рифтогенеза.

Породы **битимского комплекса** (579–533 млн лет) по геохимическим особенностям занимают несколько размытую позицию. Например, для них характерно довольно высокое содержание Fe и Ti, суммы R3Э 77–200, La/Yb 4–10, **глубокая негативная аномалия Eu** и т.п. (см. табл. 1). Практически такие же характеристики имеют некоторые венд-кембрийские орогенные граниты Приполярного Урала, а также и отдельные рифтогенные вендские и даже среднерифейские гранитоиды БМА. Геохимические особенности в таких случаях, по-видимому, отражают не геодинамический процесс, а сходное соотношение компонентов при выплавлении.

В УБ присутствуют гранитоиды карбонового (**уфалейкинский комплекс**, 317 млн лет) и пермского (**кизильский**, 267 млн лет) возрастов, по петрогеохимическим чертам аналогичные, соответственно, раннеорогенным и коллизионным сериям Уральского орогена. Показательно, что **Суховья-**

**зовский массив**, восточный край которого расположен в зоне ГУР (то есть его возраст указывает на время запечатывания последнего), имеет датировку 316 млн лет [9]. Внедрение гранитов в среднем карбоне фиксирует время закрытия Уральского палеоокеана, указывает на причленение УБ к Уралу и позволяет заключить, что этот край ВЕП начал вовлекаться в коллизионные процессы, имеющие место 280–240 млн лет назад.

Изотопные данные о составе субстрата для выплавления гранитов УБ ограничены (см. табл. 1). Предварительные данные автора для гранито-гнейсов УБ дают  $\epsilon Nd$  от  $-3$  до  $-9$ , то есть существенно “коровые” метки, характерные, по-видимому, для вещества древнего фундамента края ВЕП. Самое низкое (из определенных) отношение  $I_{Sr} = 0.703389$  присуще гранитоидам битимского комплекса (столбец 4), геодинамическая природа которых, как было показано выше, не вполне обоснована. Один из вариантов – активизация в венде-кембрии движений по ранее существующим рифтовым трещинам, вероятно, достаточно глубоким и достигающим нижележащих мантийных образований, которые и явились частью субстрата. Далее следуют карбоновые граниты уфалейкинского комплекса, параметры которых ( $I_{Sr} = 0.70428$ ,  $\epsilon Nd = +4$ ) **также указывают на присутствие** в субстрате деплетированного мантийного вещества, как и в случае с типичными “надсубдукционными” гранитами зоны ГУР и более восточными объектами (петротип – граниты Верхисетского массива). В породах коллизионного кизильского комплекса существенная роль ( $I_{Sr} = 0.70553$ ) принадлежит уже коровой составляющей. Так что вещественная эволюция субстрата во времени явно имеет место, отражая нарастание доли сиалического компонента в источнике.

Сравнение данных по возрасту гранитоидов из разных структур, расположенных в зоне аккреции на границе Урала с ВЕП показывает, что максимальное количество магматических импульсов зафиксировано в УБ и соседнем с ним БМА. Это указывает на активное вовлечение средней-южной частей окраины ВЕП (и причлененных к ней сегментов) во все тектоно-термальные эпизоды, начиная с рифейского внутриплитного рифтогенеза и заканчивая палеозойскими орогенными событиями, максимально проявленными при формировании собственно Уральского коллизионного орогена. Эпизоды более молодых тектонических движений (скольжение на границах блоков) в пределах УБ могут быть зафиксированы при подробном изучении тектонических нарушений, а также проявляться в возрасте преобразований в цирконах, данные по которым пока немногочисленны.

*Исследования выполнены при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-05-00576-а) и проекта УрО РАН № 15-18-5-24.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова С.П., Градовский И.Ф., Караулов В.Б. (2007) Позднепротерозойский магматизм Уфалейского антиклинория. *Известия вузов. Геология и разведка*. (1), 11-21.
2. Гаррис М.А. (1977) Этапы магматизма и метаморфизма в доюрской истории Урала и Приуралья. М.: Наука, 295 с.
3. Коротеев В.А., Огородников В.Н., Ронкин Ю.Л., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А. (2009) Полигенность и полихронность пегматитов гнейсово-амфиболитовых комплексов как результат прерывисто-непрерывного развития шовных зон. *Докл. АН*. **429**(4), 513-518.
4. Краснобаев А.А., Пушкарев Е.В., Бушарина С.В., Готтман И.А. (2013) Цирконология клинопироксенитов Шигирских сопок. *Докл. АН*. **450**(5), 586-591.
5. Краснобаев А.А., Русин А.И., Бушарина С.В., Чердниченко Н.В., Давыдов В.А. (2010) Состав, цирконы и цирконовая геохронология метаморфитов уфалейского комплекса. *Ежегодник-2009*. Тр. ИГГ УрО РАН. В. 158, 273-279.
6. Нечухин В.М., Краснобаев А.А., Соколов В.Б. (2000) Геохронология и структурное положение нижнего докембрия в Уральском аккреционно-складчатом обрамлении Русской плиты. *Общие вопросы расчленения докембрия*. Апатиты: КНЦ РАН, 201-203.
7. Тевелев Ал.В., Кошелева И.А., Хотылев А.О., Прудников И.А., Тевелев Арк.В. (2015) Новые данные о составе и возрасте козлингорского комплекса габбро и щелочных гранитов (западный склон Ю.Урала). *Вестн. МГУ. Сер. 4, геология*. (4), 74-85.
8. Шардакова Г.Ю., Савельев В.П., Пужаков Б.А., Петров В.И. (2015) Новые данные о химическом составе и возрасте пород козлингорского комплекса. *Ежегодник-2014*. Тр. ИГГ УрО РАН. В. 162, 148-154.
9. Hetzel R., Romer R.L. (1999) U-Pb dating of the Verkhniy Ufaley intrusion, middle Urals, Russia: A minimum age for subduction and amphibolite facies, overprint of the East European continental margin. *Geol. Mag.* **136**(5), 593-597.
10. Nedosekova I.L., Belousova E.A., Sharygin V.V., Belyatsky B.V., Baynova T.B. (2013) Origin and evolution of the Il'meny-Vishnevogorsky carbonatites (Urals, Russia): insights from trace-elements compositions, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb and Lu-Hf isotope data. *Mineral. Petrol.* **107**, 101-123.

## Granitoids of the Ufaley Block: Geodynamic environments, age, sources, problems

G. Yu. Shardakova\*\*\*

\* Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS

\*\*Ural State Mining University

There are complex of data about composition, age, isotopic parameters for granites from the Ufaley block, which is situated in the accretion zone on the boundary between the Urals and the East European platform. Granitoides mark the main stage of the geological structure evolution: from the intraplate rifting (episodes 1100–880, 570–533, 476–457 Ma) with full and partial rupture of the crust to the beginning of orogenesis (about 317 Ma) and collision (260–250 Ma). On the base of isotopic data we show that there is the substantial evolution of the source in time reflecting the increasing of part of sialic component in the source for granite formation. Maximal quantity of the granite impulses was fixed within the Ufaley block and its neighboring marginal structure – Bashkirian anticlinorium. This fact notes to involvement here the margin of East European platform to all episodes of tectonic-magmatic activity from the Riphean rifting to Paleozoic orogenesis which was maximal during the formation the own Uralian collision orogen.

Key words: *granitoides, accretion, rifting, collision, substratum.*

## REFERENCES

1. Gavrilova S.P., Gradovskij I.F., Karaulov V.B. (2007) Late Proterozoic magmatism Ufalei anticlinorium. *Izvestiia vuzov. Geologija i razvedka*. (1), 11-21. (In Russian)
2. Garris M.A. (1977) *Etapy magmatizma i metamorfizma v dojurskoj istorii Urala i Priural'ja* [Stages of magmatism and metamorphism in the pre-Jurassic history of the Urals and Cisurals]. Moscow: Nauka Publ., 295 p. (In Russian)
3. Koroteev V.A., Ogorodnikov V.N., Ronkin Ju.L., Sazonov V.N., Polenov Ju.A. (2009) Polygenic and polichromic processes in pegmatite gneiss-amphibolite complexes as a result of discontinue-continuous development of suture zones. *Dokl. Akad. Nauk*, **429**(4), 513-518. (In Russian)
4. Krasnobaeв A.A., Pushkarev E.V., Busharina S.V., Gottman I.A. (2013) Zirconology clinopyroxenites of Shigir hills. *Dokl. Akad. Nauk*. **450**(5), 586-591. (In Russian)
5. Krasnobaeв A.A., Rusin A.I., Busharina S.V., Cherdnichenko N.V., Davydov V.A. (2010) Composition, zir-

- cons and zircon geochronology in metamorphic complex of Ufaley. *Ezhegodnik-2009*. Trudy IGG UrO RAN. V. 157, 273-279. (In Russian)
6. Necheukhin V.M., Krasnobaev A.A., Sokolov V.B. (2000) Geochronology and structural position of Lower Precambrian in the Urals accretionary-folded frame of the Russian Plate. *Obshhie voprosy raschleneniya dokembrija*. Apatity: KNC RAN, 201-203. (In Russian)
  7. Tevelev A.I.V., Kosheleva I.A., Hotylev A.O., Prudnikov I.A., Tevelev Ark.V. (2015) New data on the composition and age gabbro and alkaline granites Kozlinogorsk Complex (western slope of Southern Urals). *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 4: Geol.* (4), 74-85. (In Russian)
  8. Shardakova G.Ju., Savel'ev V.P., Puzhakov B.A., Petrov V.I. (2015) New data on the chemical composition and the age of Kozlinogorsk Complex rocks. *Ezhegodnik-2014*. Trudy IGG UrO RAN. V. 162, 148-154.
  9. Hetzel R., Romer R.L. (1999) U-Pb dating of the Verkhniy Ufaley intrusion, middle Urals, Russia: A minimum age for subduction and amphibolite facies, overprint of the East European continental margin. *Geol. Mag.* **136**(5), 593-597.
  10. Nedosekova I.L., Belousova E.A., Sharygin V.V., Belyatsky B.V., Bayanova T.B. (2013) Origin and evolution of the Il'meny-Vishnevogorsky carbonatites (Urals, Russia): insights from trace-elements compositions, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb and Lu-Hf isotope data. *Mineral. Petrol.* **107**, 101-123.