

## Диориты массива «Диоритовый» (Полярный Урал): геохронологические и изотопно-геохимические данные

О. В. Удоратина\*, И. Д. Соболев\*\*, А. С. Шуйский\*

\* Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина  
Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук,  
г. Сыктывкар

\*\* Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии РАН,  
г. Москва

udoratina@geo.komisc.ru  
id\_sobolev@igem.ru  
self88@yandex.ru

### Аннотация

Впервые приведена изотопно-геохимическая характеристика Lu-Hf изотопной системы цирконов из пород массива «Диоритовый», детально рассмотрены результаты U-Pb (SIMS) датирования и микроэлементный состав цирконов из этого массива. На основании петро-геохимических и изотопно-геохимических данных установлено, что диориты массива формировались в ранне-среднедевонское (эмско-эйфельское) время в островодужной геодинамической обстановке из ювенильного мантйного (почти одно-возрастного с ними) протолита, на что указывают положительные значения  $\epsilon\text{Hf}(t)$  и модельный возраст  $T_{\text{DM}(2)}$ .

### Ключевые слова:

циркон, U-Pb возраст, изотопный состав гафния, Полярный Урал

### Введение

На Полярном Урале в пределах Восточно-Уральской мегазоны (Малоуральская подзона), восточнее крупнейших Рай-Изского и Войкаро-Сыньинского офиолитовых массивов (рис. 1, а) на поверхность выведены многочисленные массивы среднепалеозойских гранитоидов. Интрузивные породы слагают Собский (Лагортинско-Кокпельский) батолит (рис. 1, б), который имеет субмеридиональное (ССВ-ЮЮЗ) простирание и прослеживается на 200 км при ширине 10–40 км. Батолит слагают породы трех плутонических комплексов: 1. (ранняя интрузивная фаза): габбро; (главная интрузивная фаза): кварцевые диориты, тоналиты, трондьемиты собского ( $q\delta D_{1,s}$ ); 2. кварцевые монцодиориты конгорского ( $q\delta D_{1-2,k}$ ); 3. гранодиориты и биотитовые граниты янаслорского ( $\gamma\delta D_{3,ja}$ ).

По геологическим данным время формирования пород конгорского комплекса установлено как средне-поздне-девонское [1], определение абсолютного возраста проводилось различными геохронологическими методами.

## Diorites of the Dioritoviy massif (Polar Urals): geochronological and isotope-geochemical data

O V. Udoratina\*, I. D. Sobolev\*\*, A. S. Shuyskiy\*

\* Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin,  
Komi Science Centre of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences,  
Syktyvkar

\*\* Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy  
and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow

udoratina@geo.komisc.ru  
id\_sobolev@igem.ru  
self88@yandex.ru

### Abstract

For the first time, the Lu-Hf isotope system of zircons from rocks of the Dioritoviy massif has been characterized and the results of U-Pb (SIMS) dating and the micro-elemental composition of zircons from this massif have been examined in detail. By the petro-geochemical and isotope-geochemical data, diorites of the massif have been found to be formed in the Early and Middle Devonian (Emsian-Eifelian) time in the island-arc geodynamic conditions of a juvenile mantle (almost coeval with diorites) protolith, as indicated by  $\epsilon\text{Hf}(t)$  positive values and  $T_{\text{DM}(2)}$  model age.

### Keywords:

zircon, U-Pb age, hafnium isotope composition, Polar Urals

Установленный возраст составил: 404±8 млн лет (Rb-Sr<sub>wr</sub>) [2], 331±7, 331±5, 310±20, 342±3 млн лет (K-Ar<sub>wr,Min</sub>) [3], 380–363 млн лет (Zrn, U-Pb (SIMS)) [4], 388–392 млн лет (Zrn, U-Pb (LA-ICP-MS)) [5]. Возраст габбро-диоритов (ранней фазы собского комплекса) 418±2 млн лет [6].

На сегодняшний день установлено, что формирование пород комплексов происходило последовательно [7], однако многие характеристики, особенно изотопно-геохимические, до конца не установлены. В 2014 г. нами были опробованы породы конгорского комплекса в средней части Собского батолита. Ниже приводятся результаты комплексных исследований.

### Материалы и методы

На базе ЦКП «Геонаука» ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар) проведены: петрографические (Olympus BX51) и микронзондовые (сканирующий микроскоп Tescom Vega 3 LMN с энергодисперсным спектрометром X-Max) ис-

следования; данные по содержанию петрогенных элементов получены классическим химическим методом. Данные по содержанию редких, рассеянных и редкоземельных элементов определены ICP MS в ЦЛ ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург). В Стэнфордском университете (США) проведены исследования единичных кристаллов циркона (U-Pb SIMS, SHRIMP RG); получены данные по содержанию в цирконе Ti, Y, Hf, REE, а также катодолюминесцентные изображения кристаллов циркона. Монофракции циркона были интегрированы в эпоксидную шашку, в которую разместили также и стандарты, методика исследований описана в работе [8]. По содержанию в цирконе Ti рассчитаны температуры кристаллизации [9]. Изотопный состав Lu-Hf в продатированных кристаллах циркона определен в Институте геологии и минеральных ресурсов (г. Тяньцзинь, Китай) по методике, описанной в работе [10]. Для пересчета нормативного состава породы использована программа Magma, для расчета температуры кристаллизации породы (Px-Amf, Pl-Amf) – программа PetroExplorer.

## Результаты и их обсуждение

Породы массива «Диоритовый» выведены на поверхность в вершинной части горы Северная Манюкую (верхнее течение р. Манюкую) на восточном склоне Полярного Урала (рис. 1, в). Массив имеет форму силла, мощность которого не превышает 75 м. Подошва силла субгоризонтальна, а кровля эродирована. Предшественниками породы массива отнесены к позднедевонско-раннекаменноугольному конгорскому комплексу [11]. Они контактируют с кристаллокластическими туфами и игнимбритами адезидацитового и дацитового составов силурийско-девонской малоуральской свиты. В экзоконтактной зоне наблюдаются ороговикование, окварцование, а также сульфидная минерализация.

Породы массива представлены биотитсодержащими двупироксеновыми диоритами. Породы серые, темно-серые с зеленоватым оттенком, массивные, равномерно-зернистые. Под микроскопом наблюдаются порфириовидная, гипидиоморфно-зернистая микроструктуры (рис. 2, а-г). Минеральный состав (об., %): плагиоклаз (40), ортопироксен+клинопироксен (5), амфибол (25), биотит (10), калиевый полевой шпат (5), кварц (5). Акцессорные минералы (1) представлены апатитом (F-2.6 вес. %),

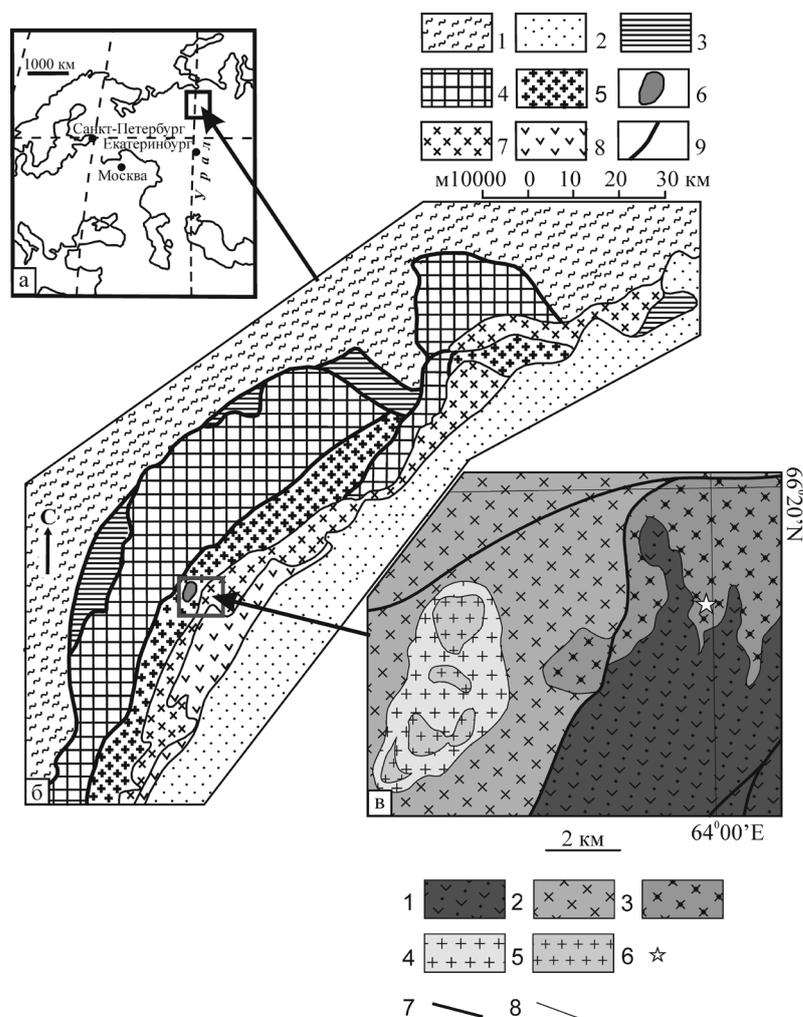


Рисунок 1. Географическое положение (а), тектоническая схема (б) и фрагмент геологической карты листа Q-41-XVI с авторскими дополнениями и изменениями (в). б: Тектоническая схема центральной и южной частей Полярного Урала: 1 – Западно-Уральская мегазона (допалеозойские и палеозойские образования, нерасчлененные); 2 – мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 3–8 – ранне-среднепалеозойские образования Войкарской зоны Восточно-Уральской мегазоны: 3 – метабазиты и гипербазиты Дзеляюско-Хордююской подзоны, 4 – гипербазиты и габброиды Райизско-Войкарской подзоны, 5–8 – образования Малоуральской подзоны: 5 – плагиогранитоиды собского, 6 – гранитоиды янаслорского, 7 – монзонитоиды и габброиды конгорского плутонических комплексов, 8 – палеозойские осадочно-вулканогенные образования; 9 – разрывные нарушения. в: Фрагмент геологической карты листа Q-41-XVI: 1 – позднесилурийско-среднедевонские вулканиты малоуральской свиты; 2 – ранне-среднедевонские плагиогранитоиды собского комплекса; 3 – диориты конгорского комплекса (массив «Диоритовый»); 4, 5 – гранитоиды янаслорского комплекса (Янаслорский массив), первая (4) и вторая (5) фазы внедрения; 6 – место отбора пробы (U60-14) для U-Pb датирования цирконов; 7 – разрывные нарушения; 8 – геологические границы. Figure 1. Geographical location (a), tectonic sketch-map (b) and fragment of the geological map, sheet Q41-XVI, with the author's additions and changes (v). б: Tectonic sketch-map of the central and southern parts of the Polar Urals. 1 – West-Ural megazone (pre-Paleozoic and Paleozoic formations, undivided); 2 – Mesozoic-Cenozoic sedimentary cover of the West-Siberian Plate; 3–8 – Early and Middle Paleozoic formations of the Voykar zone of the East-Ural megazone: 3 – metabasites and hyperbasites of the Dzelyayu-Khordyu subzone; 4 – hyperbasites and gabbroids of the Rayiz-Voykar subzone; 5–8 – formations of the Maloural subzone (5 – plagiogranitoids of the Sobskiy, 6 – granitoids of the Yanaslorskiy, 7 – monzonitoids and gabbroids of the Kongorskiy plutonic complexes; 8 – Paleozoic sedimentary-volcanogenic formations); 9 – discontinuities. в: Fragment of geological map, sheet Q-41-XVI. 1 – Late Silurian-Middle Devonian vulkanites of the Maloural formation; 2 – Early-Middle Devonian plagiogranitoids of the Sobskiy complex; 3 – presumably Middle Devonian-Early Carbonic diorites of the Kongorskiy complex (Dioritoviy massif); 4–5 – granitoids of the Yanaslorskiy complex (Yanaslorskiy massif), the first (4) and second (5) phases of intrusion; 6 – sampling location (U60-14) for U-Pb dating of zircons; 7 – discontinuities; 8 – geological boundaries.



Таблица 1

## Химический состав (мас., %) плагиоклазов и калиевых полевых шпатов

Table 1

## Chemical composition (wt., %) of plagioclases and alkali feldspars

Компоненты Components	Pl-к	Pl-ц	Pl-к	Pl-ц	Pl-к	Pl-к	Pl-ц	Pl-к	Pl-ц	Pl-к	Pl-ц	Pl-к	Kfs	Kfs
SiO <sub>2</sub>	59.52	53.08	60.91	49.96	53.11	59.35	53.09	59.45	52.31	59.78	54.63	60.28	64.78	65.65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.41	28.95	24.04	32.24	30.2	25.75	30.19	25.79	30.35	25.66	28.73	25.09	18.63	18.54
FeO	-	0.43	0.41	0.72	-	-	0.5	-	0.47	-	-	-	-	-
CaO	7.04	11.4	5.78	14.99	12.72	6.76	12.55	7.44	12.91	7.27	11.45	7.31	0.19	-
Na <sub>2</sub> O	6.85	4.55	7.63	2.96	4.33	6.97	4.22	6.67	3.93	6.97	4.61	6.93	0.45	0.87
K <sub>2</sub> O	0.48	0.28	0.37	0.22	0.36	0.56	0.25	0.41	0.26	0.34	0.31	0.65	16.53	15.52
Сумма Sum	99.3	98.69	99.14	101.09	100.72	99.39	100.8	99.76	100.23	100.02	99.73	100.26	100.58	100.58
Формульные коэффициенты / Formula coefficients														
Si	2.68	2.44	2.74	2.26	2.39	2.67	2.39	2.67	2.37	2.68	2.48	2.69	2.97	3.01
Al	1.35	1.57	1.28	1.72	1.60	1.37	1.60	1.37	1.62	1.35	1.54	1.32	1.01	1.00
Fe	-	0.02	0.02	0.03	-	-	0.02	-	0.03	-	-	-	-	-
Ca	0.34	0.56	0.28	0.73	0.61	0.33	0.61	0.36	0.63	0.35	0.56	0.35	0.01	-
Na	0.60	0.41	0.67	0.26	0.38	0.61	0.37	0.58	0.35	0.61	0.41	0.60	0.04	0.08
K	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.024	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.97
Миналы / Minals														
X(Ca)	0.35	0.57	0.29	0.73	0.61	0.34	0.61	0.37	0.64	0.36	0.57	0.354	0.01	-
X(Na)	0.62	0.41	0.69	0.26	0.37	0.63	0.37	0.60	0.35	0.62	0.41	0.608	0.04	0.08
X(K)	0.03	0.02	0.022	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.038	0.95	0.92

Примечание. Pl – плагиоклаз, Kfs – калиевый полевой шпат, к – кайма, ц – центр.

Note. Pl – plagioclase, Kfs – potassium feldspar, k – margin, ts – centre.

Таблица 2

## Химический состав (мас., %) темноцветных минералов

Table 2

## Chemical composition (wt., %) of mafic minerals

Минералы Mineral	Amp-к	Amp-ц	Amp-к	Amp	Amp-к	Px-ц	Px	Px-ц	Px-ц	Bt			Chl	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO <sub>2</sub>	49.17	47.53	49.82	48.74	48.95	55.75	54.77	53.32	52.83	32.31	37.36	37	27.35	27.57
TiO <sub>2</sub>	0.73	0.92	0.48	0.62	0.61	-	-	-	-	3.14	4.95	3.56	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.5	6.25	4.95	5.4	5.66	1.29	1.08	0.42	0.52	14.45	13.22	14.01	19.27	19.62
FeO	15.61	16.99	14.87	15.21	15.95	13.07	12.84	11	24.96	23.63	19.91	20.98	24.52	23.6
MnO	0.49	-	-	0.39	0.48	0.6	0.48	0.55	0.96	-	-	-	0.51	0.48
MgO	13.54	12.67	14.2	13.8	13.42	16.91	16.63	13.21	20.09	12.24	11.94	12.43	16.23	16.82
CaO	11.58	10.86	10.4	11.19	11.31	11.59	11.16	22.12	1.11	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> O	1.06	1.3	1.02	1.04	1.03	-	0.29	0.41	-	-	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	0.43	0.7	0.47	0.54	0.62	0.12	-	-	-	4.65	8.87	8.13	-	-
Сумма Sum	98.11	97.22	96.21	96.93	98.03	99.33	97.25	101.03	100.47	90.42	96.25	96.11	87.88	88.09
Формульные коэффициенты / Formula coefficients														
Si	7.16	7.03	7.31	7.17	7.14	2.09	20.96	1.98	1.99	2.62	2.82	2.80	5.74	5.75
Ti	0.08	0.10	0.05	0.07	0.07	-	-	-	-	0.19	0.28	0.20	-	-
Al <sup>(IV)</sup>	0.84	0.97	0.69	0.84	0.86	-	-	0.02	0.01	1.38	1.18	1.20	2.25	2.24
Al <sup>(VI)</sup>	0.11	0.12	0.16	0.1	0.12	0.06	0.05	-	0.01	-	-	0.05	2.52	2.57
Fe <sup>3+</sup>	0.40	0.45	0.48	0.45	0.45	-	-	0.05	-	-	-	-	-	-
Fe <sup>2+</sup>	1.51	1.65	1.35	1.42	1.50	0.41	0.41	0.29	0.79	1.6	1.26	1.33	4.3	4.11
Mn	0.06	-	-	0.05	0.06	0.02	0.02	0.02	0.03	-	-	-	0.09	0.08
Mg	2.94	2.79	3.11	3.02	2.92	0.10	0.95	0.73	1.13	1.48	1.34	1.40	5.08	5.22
Ca	1.81	1.72	1.64	1.76	1.77	0.47	0.46	0.88	0.05	-	-	-	-	-
Na	0.30	0.37	0.29	0.30	0.29	-	0.022	0.03	-	-	-	-	-	-
K	0.08	0.13	0.09	0.10	0.12	0.006	-	-	-	0.48	0.86	0.76	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Миналы / Minerals														
X(Mg)	0.47	0.45	0.51	0.48	0.47	0.69	0.69	0.70	0.58	0.48	0.52	0.51	0.53	0.55
X(Fe)	0.24	0.27	0.22	0.23	0.24	0.22	0.22	0.15	0.40	-	-	-	-	-
X(Mn)	0.01	-	-	0.018	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	-	-	-	-	-
X(Ca)	0.29	0.28	0.27	0.28	0.28	0.25	0.25	0.46	0.02	-	-	-	-	-
Минерал	Роговая обманка					Авгит			Энстатит	Mg биотит			Пикнохлорит	

Примечание. Amp – амфибол, Px – пироксен, к – кайма, ц – центр, Bt – биотит, Chl – хлорит.

Note. Amp – amphibole, Px – pyroxene, k – margin, ц – centre, Bt – biotite, Chl – chlorite.

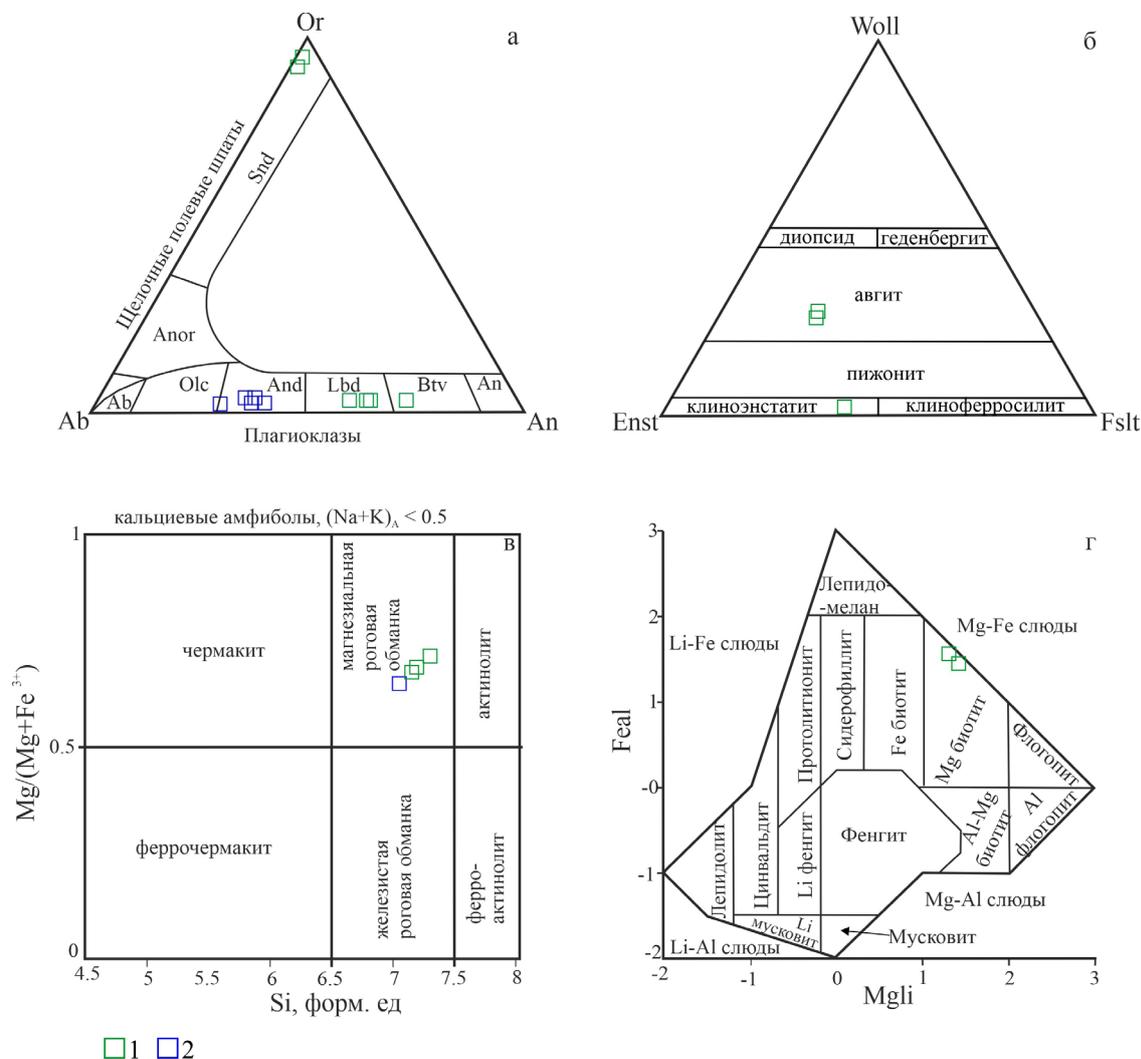


Рисунок 4. Классификационная диаграмма плагиоклазов и щелочных полевых шпатов (а), классификационная диаграмма Ca-Mg-Fe пироксенов (б), бинарная диаграмма MMA для классификации Ca амфиболов (в), классификационная диаграмма для слюд в координатах (Mg-Li) – (Fe+Mn+Ti-Al(VI)) (mgli-feal) (г).

Условные обозначения: 1 – центр, 2 – край.

Figure 4. Classification diagram for plagioclases and alkali feldspars (a), classification diagram for Ca-Mg-Fe pyroxenes (б), binary MMA diagram for classification of Ca amphibole (в), classification diagram for micas in coordinates (Mg-Li) – (Fe+Mn+Ti-Al(VI)) (mgli-feal) (г).

Symbols: 1 – centre, 2 – rim.

Содержание кремнезема (здесь и далее мас. %) составляет 54.3 (табл. 3, рис. 5, а), характерен калиево-натриевый тип щелочности ( $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0.63$ ) (рис. 5, б), умеренные и умеренно высокие содержания  $\text{TiO}_2$  (0.6),  $\text{MgO}$  (5.4),  $\text{CaO}$  (8.3),  $\text{K}_2\text{O}$  (1.5),  $\text{Fe}_2\text{O}_{\text{зобщ}}$  (10.3), невысокие  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (14.4) и  $\text{Na}_2\text{O}$  (2.3).

Суммарное содержание редкоземельных элементов (далее – РЗЭ) в диоритах невысокое – 130 г/т (табл. 3).

Спектры распределения РЗЭ характеризуются обогащением легкими РЗЭ относительно тяжелых ( $\text{La}_N/\text{Yb}_N = 5$ ) и слабо выраженным дефицитом Eu ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.7$ ) (рис. 5, в). Для пород характерны незначительное обогащение крупноионными литофильными элементами относительно высокозарядных и хорошо проявленные Ta-Nb минимум и Pb максимум (рис. 5, г), что подчеркивает формирование пород в островодужных условиях.

Химический состав (мас. %, %) и содержание редких, рассеянных и редкоземельных элементов (г/т) в диоритах

Таблица 3

Chemical composition (wt. %, %) and content of rare, trace and rare earth elements (ppm) in diorites

Table 3

U60-14	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO
	54.28	0.63	14.41	6.88	3.08	0.15	5.44	8.29
	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.	H <sub>2</sub> O-	CO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O
	2.34	1.47	0.18	1.55	0.33	<0.10	3.81	1.59
	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb
	272.00	68.20	27.40	18.30	147.00	62.70	14.30	26.40
	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Sn	Cs	Ba
	424.00	19.90	125.00	1.70	2.38	2.12	0.40	300.00
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
	15.80	34.00	4.73	19.40	4.43	0.99	4.33	0.60
	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta
	3.95	0.74	2.20	0.28	2.30	0.31	3.03	0.11
	W	Pb	Th	U	La <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub>	Eu/Eu*	-	-
	0.72	10.70	2.67	0.86	4.93	0.69	-	-

Примечание. Eu\*=EuN/[(SmN)(GdN)]<sup>1/2</sup>.

Note. Eu\*=EuN/[(SmN)(GdN)]<sup>1/2</sup>.

Для уточнения времени формирования пород массива «Диоритовый», относимого к конгорскому комплексу, было выполнено определение возраста 10 кристаллов циркона (табл. 4, рис. 6, а, б), в этих же кристаллах определены элементы-примеси (табл. 5, рис. 7, а). Получен диапазон возрастов от 360 до 400 млн лет. Для когерентной группы из семи определений (1.1, 4.1, 5.1, 6.1, 7.1, 9.1, 10.1) был рассчитан конкордантный <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U возраст, который составил 387±4 млн лет (2s, СКВО=1.4, рис. 6, б).

Спектры распределения РЗЭ в цирконах очень близки (рис. 7, а), однако видны аномалии по содержанию La, указывающие на возможные изменения. Расположение точек (рис. 7, б) в полях цирконов магматического генезиса и рядом с полем гидротермальных по генезису цирконов подтверждает наличие изменений. Значение Th/U варьирует от 0.47 до 0.99, что указывает на магматический генезис циркона.

При более детальном рассмотрении полученных U-Pb датировок и РЗЭ-спектров выде-

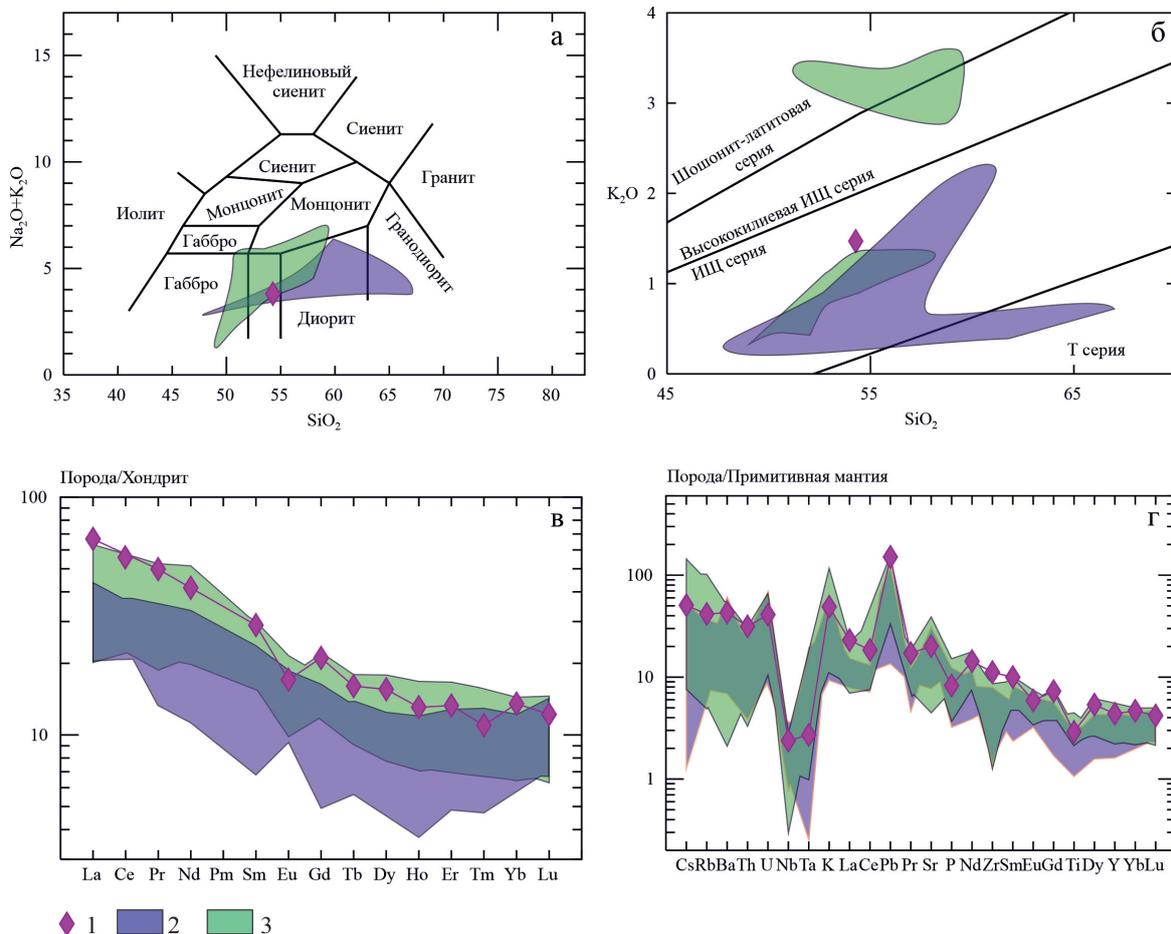


Рисунок 5. Диаграммы Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (а) и K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (б). Спектры распределения РЗЭ (в) и мультиэлементные спектры (г) (образец U60-14). Нормировано к примитивной мантии и хондриту С1 по [13].

Условные обозначения: 1 - образец U60-14. Поля: 2 - точек составов пород собского комплекса, 3 - пород конгорского комплекса по [7].

Figure 5. Diagram of Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (a) and K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> (b). REE distribution spectra (v) and multielement spectra (r) (sample U60-14). Normalized to the primitive mantle and CI chondrite according to [13].

Symbols: 1 - sample U60-14. Fields: 2 - fields of composition points for rocks of the Sobskiy complex, 3 - rocks of the Kongorskiy complex according to [7].

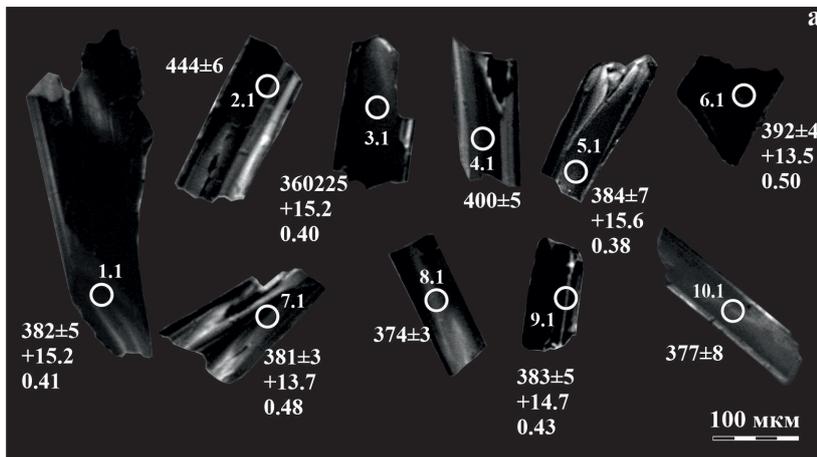
Результаты U-Pb локальных изотопных исследований цирконов из образца U60-14 и t°C, при 1.0/0.7

Table 4

U-Pb results of local isotope analyses of zircons from sample U60-14 and t°C at 1.0/0.7

Зерно	<sup>206</sup> Pb <sub>c</sub> , %	Содержания, мкг/г			<sup>232</sup> Th/ <sup>238</sup> U	Возраст, млн. лет		D, %	Изотопные отношения ± %			Rh <sub>0</sub>	t°
		<sup>206</sup> Pb*	U	Th		<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U		
3.1ц	0.66	24.2	491	405	0.85	#359.9±2.4	431.8±49.7	+17	0.0555±2.2	0.44±2.3	0.058±0.7	0.3	786
8.1ц	1.54	9.9	192	103	0.55	#374.0±3.0	590.0±91.2	+37	0.0597±4.2	0.49±4.3	0.060±0.8	0.2	747
10.1ц	0.71	20.5	397	181	0.47	376.6±7.8	464.2±51.2	+19	0.0563±2.3	0.47±3.1	0.060±2.1	0.7	771
7.1к	0.16	21.1	404	291	0.74	380.8±3.4	393.2±39.1	+3	0.0546±1.7	0.46±2.0	0.061±0.9	0.5	765
1.1к	0.24	26.9	513	340	0.69	381.9±4.8	419.2±51.5	+9	0.0552±2.3	0.47±2.6	0.061±1.3	0.5	772
9.1к	0.22	32.9	624	598	0.99	383.3±5.2	409.4±50.7	+6	0.0550±2.3	0.46±2.6	0.061±1.4	0.5	788
5.1ц	1.62	16.6	315	197	0.65	384.4±6.6	470.8±95.2	+19	0.0565±4.3	0.48±4.7	0.062±1.8	0.4	747
6.1ц	0.14	33.8	629	481	0.79	391.7±3.8	428.2±26.7	+9	0.0554±1.2	0.48±1.6	0.063±1.0	0.6	782
4.1ц	0.04	27.4	500	349	0.72	399.6±5.3	391.3±23.6	-2	0.0545±1.5	0.48±2.0	0.064±1.3	0.7	768
2.1к	0.10	33.0	600	444	0.76	#400.2±5.5	432.9±25.0	+8	0.0555±1.1	0.49±1.8	0.064±1.4	0.8	771

Примечание. Ошибка в калибровке стандарта соответствовала 0.00 %. Погрешности даны на уровне 1σ. <sup>206</sup>Pbc и <sup>206</sup>Pb\* показывают содержания обычного и радиогенного свинца соответственно. <sup>206</sup>Pbc исправлен на измеренный <sup>204</sup>Pb. Буквы «к» и «ц» означают место локализации анализируемого пятна - краевую и центральную части зерна. D - дискордантность: D = { [возраст (<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb)] / [возраст (<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U)] - 1 } \* 100. Rh<sub>0</sub> - коэффициент корреляции между ошибками определения отношений <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U и <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U. # - анализ не учитывался при расчете средневзвешенного возраста. Note. The calibration error of the standard corresponded to 0.00 %. Errors are given at the 1σ level. <sup>206</sup>Pbc and <sup>206</sup>Pb\* indicate the contents of ordinary and radiogenic lead, respectively. <sup>206</sup>Pbc corrected to measured <sup>204</sup>Pb. The letters "k" and "c" indicate the location of the analyzed spot - the marginal and central parts of the grain. D - discordance: D = { [age (<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb)] / [age (<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U)] - 1 } \* 100. Rh<sub>0</sub> is the correlation coefficient between errors in determining the <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U and <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U ratios. # - the analysis was not taken into account when calculating the weighted average age.



ляются две группы цирконов: 1) кристаллы с более древними возрастaми (400±5 (4/1), 400±6 (2.1), 392±4 (6.1) млн лет), более низкими содержаниями La (0.08–2.59 г/т) и более высокими суммарными концентрациями средних и тяжелых PЗЭ (Σ<sub>Sm-Yb</sub> – 1896.11–2549.35 г/т); 2) кристаллы с более молодыми возрастaми (384±7, 383±5, 382±5, 381±3, 377±8, 374±3, 360±2 млн лет), более высокими содержаниями La (4.00–8.61 г/т) и преимущественно более низкими суммарными содержаниями средних и тяжелых PЗЭ (Σ<sub>Sm-Yb</sub> – 629.54–1797.78 г/т), за исключением одного зерна циркона (383±5 млн лет), в котором Σ<sub>Sm-Yb</sub> – 2861 г/т. Положение на диаграмме Sm<sub>N</sub>/La<sub>N</sub>-La подтверждает это.

Согласно данным [14], в структуре циркона магматического генезиса концентрация La весьма незначительна, и именно он является наименее стабильным из всех PЗЭ элементов. Аномально высокое содержание La в цирконах второй группы можно интерпретировать как результат нарушения U-Pb изотопной

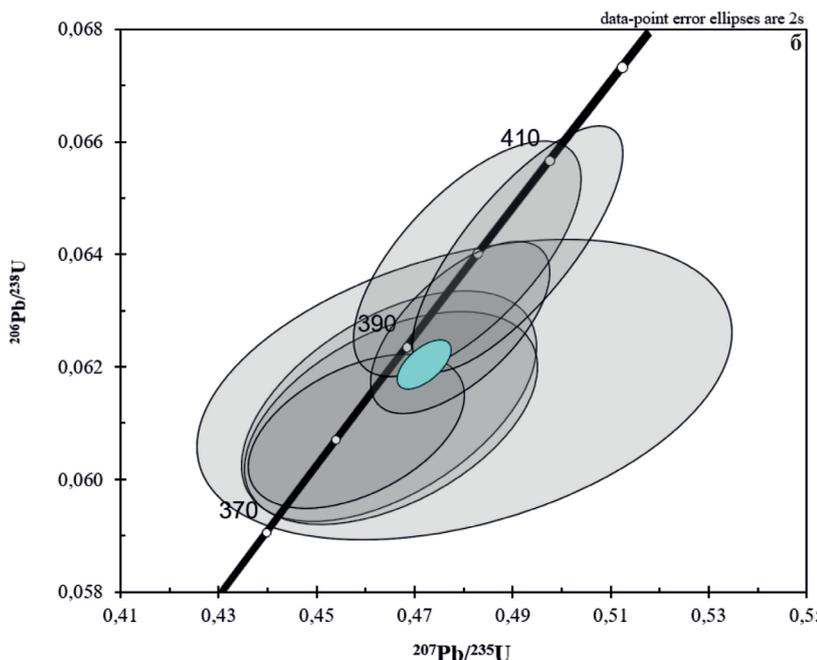


Рисунок 6. Катодолюминесцентные изображения цирконов (образец U60-14) с номерами датированных зерен, аналитическими кратерами, возрастом и данными по изотопному составу гафния и eHf(t) и значениями T<sub>DM(2)</sub> млрд лет (а), U-Pb диаграмма с конкордией (б).

Figure 6. Cathodoluminescent images of zircons (sample U60-14) with numbers of dated grains, analytical craters, age and data on the isotopic composition of hafnium and eHf(t) and T<sub>DM(2)</sub> values (bln years) (a), U-Pb diagram with Concordia (b).

Содержания редкоземельных элементов, гафния, железа и титана (г/т) и температуры кристаллизации (°C) при 1.0/0.7 в исследованных цирконах

Contents of rare earth elements, hafnium, iron and titanium (ppm) and crystallization temperature (°C) at 1.0/0.7 in the studied zircons

г/т	Y	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Hf	<sup>48</sup> Ti	<sup>49</sup> Ti	t	Fe
3.1ц	2674	5.113	47.1	7.14	10.6	2.72	77	265	490	953	10844	7.4	7.4	786	41.7
8.1ц	959	4.410	21.3	3.52	3.5	1.01	22	81	168	353	10425	5.0	5.1	747	436.8
10.1ц	1233	8.609	37.9	5.20	4.5	1.42	31	110	223	453	9307	6.4	6.6	771	114.8
7.1к	2358	2.592	36.0	4.80	8.9	2.63	66	227	417	805	10125	6.0	6.3	765	7.1
1.1к	2445	2.330	39.9	4.19	7.3	1.94	56	217	432	842	8533	6.5	6.4	772	8.8
9.1к	4432	0.664	59.9	5.48	14.0	4.34	120	445	786	1492	10717	7.6	7.4	788	13.9
5.1ц	1496	4.002	28.0	4.55	5.9	1.68	35	133	262	543	10160	5.0	4.9	747	55.2
6.1ц	3931	0.188	51.1	5.62	14.6	4.18	116	397	701	1318	10496	7.1	7.2	782	4.4
4.1ц	2936	0.078	35.0	4.05	9.8	2.74	79	281	528	995	10755	6.2	6.6	768	0.2
2.1к	3612	0.111	49.1	4.70	11.9	3.14	100	352	633	1224	10381	6.3	6.2	771	0.1

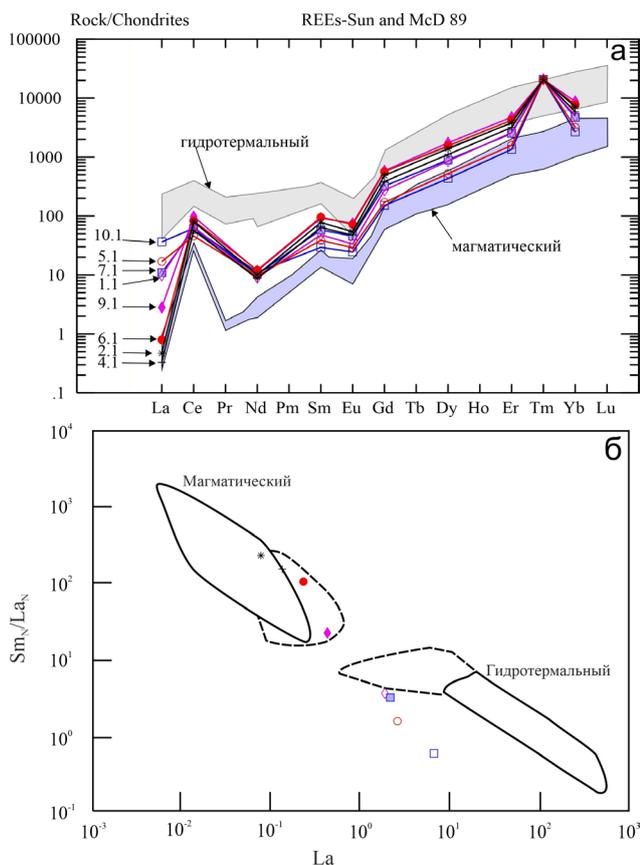


Рисунок 7. Спектры распределения РЗЭ в цирконах (образец U60-14), нормировано к хондриту CI по [13] (а); диаграмма  $Sm_N/La_N$ -La для разделения магматических и гидротермальных по генезису цирконов (б).

Figure 7. Spectra of REE distribution in zircons (sample U60-14), normalized to CI chondrite according to [13] (a),  $Sm_N/La_N$ -La diagram for separating igneous and hydrothermal zircons by genesis (b).

системы, что подтверждается устойчивым омоложением U-Pb возрастов (384–360 млн лет) этих зерен. Породы, из которых извлекались цирконы, не были подвержены существенным высокотемпературным вторичным преобразованиям (уровень их метаморфизма не выше зеленосланцевой фации), поэтому трудно объяснить нарушение U-Pb изотопной системы воздействием наложенных термальных событий. Мы предполагаем, что нарушение U-Pb

изотопной системы могло произойти при расшатывании кристаллической решетки циркона в результате радиоактивного распада – метамиктизации отдельных участков зерен циркона. Исходя из этого предположения, времени кристаллизации диоритов массива «Диоритовый» с большой степенью вероятности соответствует диапазон 400–392 млн лет (со средневзвешенным значением – 396±5 млн лет (2s, СКВО=1.16)). Указанный возраст коррелируется со временем формирования плагиогранитоидов собского комплекса [6, 15–17]. В этом случае возрасты второй группы цирконов (384–360 млн лет) могут быть интерпретированы как омоложение U-Pb изотопной системы в отдельных участках зерен циркона.

Модельная температура кристаллизации, оцененная по содержанию Ti в цирконе [9], варьирует в интервале 874–762 °C (при  $a_{SiO_2}=1$  и  $a_{TiO_2}=0.7$ ). Рассчитанный по насыщению циркония параметр  $M=2.7$  соответствует температуре 679.6 °C. Температуры, рассчитанные по  $Amp$ - $Pl$  геотермометру, составили  $Amp(ц)$ - $Pl(ц)=777$  °C и  $Amp(к)$ - $Pl(к)=668$  °C.

Для восьми из 10 датированных кристаллов циркона была изучена Lu-Hf изотопная система (табл. 6, рис. 8), с учетными данными по U-Pb возрастам количество составляет пять значений (1.1, 5.1, 6.1, 7.1, 9.1). Изотопный состав гафния ( $\epsilon Hf$ ) цирконов варьирует от +13.5 до +15.2, что указывает на мантийный (изотопно-незрелый) источник протолита.

Вышеуказанные данные хорошо согласуются с положительными значениями  $\epsilon Nd(t)$  и  $\epsilon Hf(t)$ , полученными ранее для гранитоидов собского (лагортинско-кокпельского) комплекса, имеющих схожий возраст [18]. Рассчитанный модельный возраст  $T_{DM(2)}$  составляет 0.50–0.38 млрд лет, т. е. протолитом для диоритов являлись палеозойские породы с мантийными изотопными характеристиками.

Таким образом, диориты массива «Диоритовый» формировались в ранне-среднедевонское (эмско-эйфельское) время в островодужной геодинамической обстановке из ювенильного мантийного (почти одновозрастного с ними) протолита, на что указывают положительные значения  $\epsilon Hf(t)$  и модельный возраст  $T_{DM(2)}$ .

Изотопный состав Lu-Hf, eHf и расчетные значения  $T_{DM2}$ 

Table 6

Isotopic composition of Lu-Hf, eHf and calculated  $T_{DM2}$ 

Зерно	Возраст	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	2 $\sigma$	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	2 $\sigma$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	2 $\sigma$	$T_{DM}$	$f_{(Lu/Hf)}$	$\epsilon\text{Hf}_{(t)}$	$\epsilon\text{Hf}_{(t)}$	$T_{DM2}$
1.1	382	0.146646	0.0015167	0.0054912	0.000070694	0.283001304	0.0000251	0.403	-0.834601	8.109141	15.09762	0.406
2.1	400	0.0809249	0.0007148	0.0032844	0.000033688	0.282976899	0.0000207	0.415	-0.901071	7.246093	15.14669	0.418
3.1	360	0.0913738	0.0018342	0.0037639	0.000074193	0.283002485	0.0000229	0.381	-0.88663	8.150931	15.14751	0.385
4.1	400	0.0815396	0.0009088	0.003365	0.000037058	0.283037036	0.0000209	0.325	-0.898643	9.372765	17.25207	0.309
5.1	384	0.0543851	0.0004817	0.0022411	0.000024078	0.282989821	0.0000219	0.384	-0.932498	7.70307	15.55217	0.384
6.1	392	0.0855801	0.0003849	0.0035006	0.000008462	0.282935618	0.0000217	0.480	-0.894559	5.786216	13.47284	0.497
7.1	381	0.0569961	0.0006726	0.0023224	0.000026905	0.282939668	0.0000195	0.459	-0.930047	5.929437	13.69674	0.477
8.1	374	0.0872955	0.0035632	0.0035373	0.0001434	0.2829589	0.0000224	0.445	-0.893455	6.60957	13.93418	0.459
9.1	383	0.0868239	0.0026640	0.0035133	0.0001066	0.282974605	0.0000227	0.421	-0.894177	7.164958	14.6719	0.428

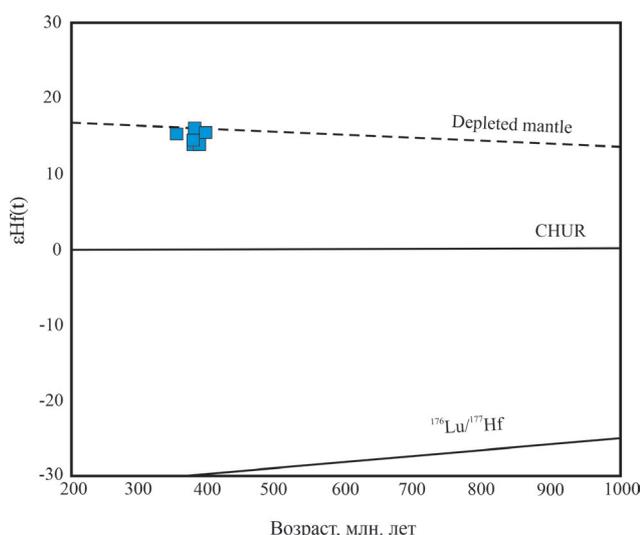


Рисунок 8. Диаграмма  $\epsilon\text{Hf}$  – возраст для образца U60-14.  
Figure 8. Diagram  $\epsilon\text{Hf}$  – Age for sample U60-14.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Шишкин, М. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Уральская серия. Лист Q-41 (Воркута). Объяснительная записка / М. А. Шишкин, А. П. Астапов, Н. В. Кабатов [и др.]. – Санкт-Петербург : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2005. – 335 с.
2. Андреичев, В. Л. Новые данные о возрасте гранитоидов конгорского комплекса (Полярный Урал) / В. Л. Андреичев, О. В. Удоратина // Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты. Тезисы докладов I Росс. конф. по изотопной геохронологии. – Москва, 2000. – С. 28–30.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000 (изд-е второе). Серия Полярно-Уральская. Лист Q-41-XII. Объяснительная записка / Л. Л. Подсосовой, А. П. Казака. – Санкт-Петербург, 2001. – 279 с.
4. Шишкин, М. А. Актуализация легенды Полярно-Уральской серии листов Госгеолкарты-200 (изд-е второе) / М. А. Шишкин. – Санкт-Петербург : ВСЕГЕИ, 2009.
5. Соболев, И. Д. Новые данные об особенностях состава и возрасте пород Конгорского массива (Полярный Урал) / И. Д. Соболев // От минералогии до геохимии. Сборник научных трудов к 130-летию со дня рождения академика Александра Евгеньевича Ферсмана. С. Береговое, АР Крым. – 2013. – С. 186–191.
6. Шмелев, В. Р. Природа и возраст базитов офиолитового массива Рай-Из (Полярный Урал) / В. Р. Шмелев, Ф.-Ц. Мон // Доклады Академии наук. – 2013. – Т. 451, № 2. – С. 211–215.
7. Соболев, И. Д. Девонский островодужный магматизм Войкарской зоны Полярного Урала / И. Д. Соболев, А. А. Соболева, О. В. Удоратина, Д. А. Варламов, Дж. К. Хоуриган [и др.] // Геотектоника. – 2018. – № 5. – С. 39–74. – DOI: 10.1134/S0016853X18050065.
8. Андреичев, В. Л. Гранитоиды Большеземельской зоны фундамента Печорской синеклизы: состав и U-Pb возраст / В. Л. Андреичев, А. А. Соболева, Е. Г. Довжикова, Ю. Л. Ронкин, Э. Л. Миллер [и др.] // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64, № 2. – С. 180–191. – <https://doi.org/10.15372/GiG2022125>.
9. Watson, E. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile / E. B. Watson, D. A. Wark, and J. B. Thomas // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2006. – 151(4). – P. 413–433.
10. Geng, J. Z. Zircon Hf isotope analysis by means of LA-ICP-MS / J. Z. Geng, H. K. Li, J. Zhang, H. Y. Zhou, H. M. Li // Geological Bulletin of China. – 2011. – 30 (10). – P. 1508–1513 (in Chinese with English abstract).
11. Язева, Р. Г. Войкарский вулcano-плутонический пояс / Р. Г. Язева, В. В. Бочкарев. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1984. – 156 с.
12. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 200 с.
13. Sun, S. S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes / S. S. Sun, W. F. McDonough // Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, Special Publication. – 1989. – V. 42. – P. 313–345.

14. Балашов, Ю. А. Контрастность геохимии магматических и вторичных цирконов / Ю. А. Балашов, С. Г. Скублов // Геохимия. – 2011. – № 6. – С. 622–633.
15. Андреичев, В. Л. Изотопная геохронология ультрамафит-мафитовых и гранитоидных ассоциаций восточного склона Полярного Урала / В. Л. Андреичев. – Сыктывкар, 2004. – 44 с.
16. Ремизов, Д. Н. Островодужная система Полярного Урала (петрология и эволюция глубинных зон) / Д. Н. Ремизов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2004. – 221 с.
17. Estrada, S. Insights into the magmatic and geotectonic history of the Voikar Massif, Polar Urals / S. Estrada, F. Henjes-Kunst, K.-P. Burgath [et al.] // Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften. – 2012. – 163/1. – P. 9–41. DOI: 10.1127/1860-1804/2012/0163-0009.
18. Удоратина, О. В. Гранитоиды севера Урала: геохронология, эволюция, источники / О. В. Удоратина, К. В. Куликова, А. С. Шуйский, А. А. Соболева, В. Л. Андреичев [и др.]. – Сыктывкар : ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2022. – 125 с. – <https://doi.org/10.19110/98491-044>.

## References

1. Shishkin, M. A. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (treyte pokoleniye). Uralskaya seriya – List Q-41 (Vorkuta). Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). Ural series – Sheet Q-41 (Vorkuta). Explanatory note] / M. A. Shishkin, A. P. Astapov, N. V. Kabatov [et al.]. – Saint-Petersburg : VSEGEI Cartographic Factory, 2005. – 335 p.
2. Andreichev, V. L. Novyye dannyye o vozraste granitoidov kongorskogo kompleksa (Polyarnyi Ural) [New data on the age of granitoids of the Kongor complex (Polar Urals)] / V. L. Andreichev, O. V. Udoratina // Izotopnoe datirovanie geologicheskikh protsessov : novye metody i rezultaty [Isotope dating of geological processes : new methods and results]. Abstracts of I Rus. Conf. on Isotope Geochronology. Moscow. – 2000. – P. 28–30.
3. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 200 000 (izdaniye vtoroye). Seriya Polyarno-Ural'skaya. List Q-41-XII. Obyasnitelnaya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 200 000 (second edition). Polar-Ural series. Sheet Q-41-XII. Explanatory note] / L. L. Podsova, A. P. Kazak. – Saint-Petersburg, 2001. – 279 p.
4. Shishkin, M. A. Aktualizatsiya legendy Polyarno-Uralskoy serii listov Gosgeol'karty-200 (izdaniye vtoroye) [Updating the legend of the Polar-Ural series of sheets of Gosgeol'karta-200 (second edition)] / M. A. Shishkin. – Saint-Petersburg : VSEGEI, 2009.
5. Sobolev, I. D. Novyye dannyye ob osobennostyakh sostava i vozraste porod Kongorskogo massiva (Polyarnyi Ural) [New data on the composition and age of rocks of the Kongor massif (Polar Urals)] / I. D. Sobolev // Ot mineralogii do khimii [From Mineralogy to Geochemistry]. Collection of scientific works dedicated to the 130th anniversary of the birth of academician Alexander Evgenievich Fersman. – Beregovoe village, Crimea. – 2013. – P. 186–191.
6. Shmelev, V. R. Priroda i vozrast bazitov ofiolitovogo massiva Raj-Iz (Polyarnyj Ural) [Nature and age of basites of the ophiolitic massif Rai-Iz (Polar Urals)] / V. R. Shmelev // Reports of the Academy of Sciences. – 2013. – Vol. 451. – № 2. – P. 211–215.
7. Sobolev, I. D. Devonskiy ostrovoduzhnyy magmatizm Voykarskoy zony Polyarnogo Urala [Devonian island-arc magmatism of the Voykar zone of the Polar Urals] / I. D. Sobolev, A. A. Soboleva, O. V. Udoratina, D. A. Varlamov, J. K. Hourigan [et al.] // Geotektonika [Geotectonics]. – 2018. – № 5. – P. 39–74. – DOI: 10.1134/S0016853X18050065.
8. Andreichev, V. L. Granitoidy Bolshezemelskoy zony fundamenta Pechorskoy sineklizy: sostav i U-Pb vozrast [Granitoids of the Bolshezemelskaya zone of the basement of the Pechora syncline: composition and U-Pb age] / V. L. Andreichev, A. A. Soboleva, E. G. Dovzhikova, Yu. L. Ronkin, E. L. Miller [et al.] // Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]. – 2023. – Vol. 64. – № 2. – P. 180–191. – <https://doi.org/10.15372/GiG2022125>.
9. Watson, E. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile / E. B. Watson, D. A. Wark, and J. B. Thomas // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2006. – 151(4). – P. 413–433.
10. Geng, J. Z. Zircon Hf isotope analysis by means of LA-ICP-MS / J. Z. Geng, H. K. Li, J. Zhang, H. Y. Zhou, H. M. Li // Geological Bulletin of China. – 2011. – 30 (10). – P.1508–1513 (in Chinese with English abstract).
11. Yazeva, R. G. Voykarskiy vulkanoplutonicheskiy poyas [Voykar volcanic-plutonic belt] / R. G. Yazeva, V. V. Bochkarev. – Sverdlovsk : UNTS AN USSR, 1984. – 156 p.
12. Petrograficheskiy kodeks Rossii. Magmaticheskiye, metamorficheskiye, metasomaticheskiye, impaktnyye obrazovaniya [Petrographic Code of Russia. Igneous, metamorphic, metasomatic, impact formations]. – 2nd ed., revised and added. – Saint-Petersburg : VSEGEI Publishing House, 2008. – 200 p.
13. Sun, S. S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts : implication for mantle composition and processes / S. S. Sun, W. F. McDonough // Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society, London, Special Publication. – 1989. – Vol. 42. – P. 313–345.
14. Balashov, Yu. A. Kontrastnost geokhimii magmaticheskikh i vtorichnykh tsirkonov [Contrast of geochemistry of magmatic and secondary zircons] / Yu. A. Balashov, S. G. Skublov // Geokhimiya [Geochemistry]. – 2011. – № 6. – P. 622–633.
15. Andreichev, V. L. Izotopnaya geokhronologiya ultramaфит-мафитовых i гранитоидных ассоциаций восточного склона Полярного Урала [Isotope geochronology of ultramafic-mafic and granitoid associations of the eastern slope of the Polar Urals] / V. L. Andreichev. – Syktывkar, 2004. – 44 p.
16. Remizov, D. N. Ostrovoduzhnaya sistema Polyarnogo Urala (petrologiya i evolyutsiya glubinykh zon) [Island-arc system of the Polar Urals (petrology and evolution of

- deep zones)] / D. N. Remizov. – Ekaterinburg : Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2004. – 221 p.
17. Estrada, S. Insights into the magmatic and geotectonic history of the Voikar Massif, Polar Urals / S. Estrada, F. Henjes-Kunst, K.-P. Burgath [et al.] // Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften. – 2012. – 163/1. – P. 9–41. DOI: 10.1127/1860-1804/2012/0163-0009.
18. Udoratina, O. V. Granitoidy severa Urala: geokhronologiya, evolyutsiya, istochniki [Granitoids of the Northern Urals: geochronology, evolution, sources] / O. V. Udoratina, K. V. Kulikova, A. S. Shuyskiy, A. A. Soboleva, V. L. Andreichev [et al.]. – Syktyvkar : Institute of Geology, Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022. – 125 p. – <https://doi.org/10.19110/98491-044>.

#### Информация об авторах:

**Удоратина Оксана Владимировна** – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 6507890574, <https://orcid.org/0000-0001-9956-6271> (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: [udoratina@geo.komisc.ru](mailto:udoratina@geo.komisc.ru)).

**Соболев Иван Дмитриевич** – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН; Scopus Author ID: 55220568600, <https://orcid.org/0000-0003-1619-640X> (119017, Российская Федерация, г. Москва, Старомонетный переулок, д. 35, стр. 7; e-mail: [id\\_sobolev@igem.ru](mailto:id_sobolev@igem.ru)).

**Шуйский Александр Сергеевич** – младший научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 5721240694, <https://orcid.org/0000-0002-6928-9354> (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: [self88@yandex.ru](mailto:self88@yandex.ru)).

#### About the authors:

**Oksana V. Udoratina** – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Scopus Author ID: 6507890574, <https://orcid.org/0000-0001-9956-6271>, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin Komi SC UB RAS (Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982; e-mail: [udoratina@geo.komisc.ru](mailto:udoratina@geo.komisc.ru)).

**Ivan D. Sobolev** – Candidate of Sciences (Geological and Mineralogy), Researcher, Scopus Author ID: 55220568600, <https://orcid.org/0000-0003-1619-640X>, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences (Building 7, 35 Staromonetny Lane, Moscow, Russian Federation, 119017; e-mail: [id\\_sobolev@igem.ru](mailto:id_sobolev@igem.ru)).

**Aleksander S. Shuyskiy** – Junior Researcher, Scopus Author ID: 5721240694, <https://orcid.org/0000-0002-6928-9354>, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin Komi SC UB RAS (Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982; e-mail: [self88@yandex.ru](mailto:self88@yandex.ru)).

#### Для цитирования:

Удоратина, О. В. Диориты массива «Диоритовый» (Полярный Урал): геохронологические и изотопно-геохимические данные / О. В. Удоратина, И. Д. Соболев, А. С. Шуйский // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2024. – № 3 (69). – С. 41–51.

#### For citation:

Udoratina, O. V. Diority massiva «Dioritovyj» (Polyarnyj Ural): geokhronologicheskie i izotopno-geokhimicheskie dannye [Diorites of the Dioritovyj massif (Polar Urals): geochronological and isotope-geochemical data] / O. V. Udoratina, I. D. Sobolev, A. S. Shuyskiy // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series “Earth Sciences”. – 2024. – № 3 (69). – P. 41–51.

Дата поступления статьи: 21.03.2024

Прошла рецензирование: 30.03.2024

Принято решение о публикации: 27.03.2024

Received: 21.03.2024

Reviewed: 30.03.2024

Accepted: 27.03.2024