

U/Pb-возраст и источники сноса обломочного циркона из верхнерифейских песчаников Немской возвышенности (Южный Тиман)

О. В. Гракова*, Н. Ю. Никулова*, В. Б. Хубанов**

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

** Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН,
г. Улан-Удэ

ovgrakova@geo.komisc.ru

Аннотация

Приведены результаты U-Pb изотопного датирования зерен детритового циркона из терригенных отложений средней подсвиты джежимской свиты, расположенных на Немской возвышенности Южного Тимана. Показано, что породы сформировались не раньше, чем на рубеже нижнего и верхнего протерозоя. Возраст зерен циркона охватывает диапазон от 3170±43 до 1480±49 млн лет. Источниками обломочного материала для метапесчаников джежимской свиты Немской возвышенности предполагаются магматические и метаморфические комплексы центральных районов Волго-Уралии. Возрасты датированных цирконов практически совпадают с возрастными цирконами из нижней подсвиты джежимской свиты, расположенной севернее возвышенности Дзержимпарма, за исключением средне-верхнерифейских датировок. Проведен сравнительный анализ полученных результатов датирования с возрастными зернами из верхнерифейских толщ Урала и Тимана. Показано, что зерна циркона, содержащиеся в изученных метапесчаниках, значительно древнее их стратиграфических аналогов из северной и средней частей Тиманского кряжа, а также Полярного и Приполярного Урала. На Южном Урале данные о возрасте обломочных цирконов сходны с таковыми на Южном Тимане. При сравнении данных по датированию обломочных цирконов в северных и южных разрезах Тимана был установлен ряд отличий. В популяции цирконов из северной части Тимана значительное количество имеет среднерифейский возраст, а количество цирконов с архейским и раннепротерозойским возрастными незначительно. В южной части Тимана древние цирконы с возрастными 2100 и 2500 млн лет преобладают, а цирконы со среднерифейским возрастом отсутствуют. Формирование рифейских пород на Южном Тимане происходило при участии более древних (архей-раннепротерозойских) источников, в отличие Среднего и Северного Тимана, где источниками обломочного материала являлись более молодые (среднерифейские) комплексы.

Ключевые слова:

верхний рифей, джежимская свита, Южный Тиман, циркон, U-Pb датирование

U/Pb age and sources of detrital zircon from Upper Riphaean sandstones of the Nemskaya Upland (South Timan)

O. V. Grakova*, N. Yu. Nikulova*, V. B. Khubanov**

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

** Geological Institute named after N. L. Dobretsov
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ulan-Ude

ovgrakova@geo.komisc.ru

Abstract

In the South Timan, outcrops of the Riphean basement are exposed in the cores of the Dzhezhiparma, Ochparma and Vadyavozh anticlinal structures. The results of U-Pb isotope dating of detrital zircon grains from terrigenous sediments of the middle formation of the Dzhezhim Formation, located in the Vadyavozh quarry, are presented. The rocks were formed no earlier than at the boundary between the Lower and Upper Proterozoic. The age of zircon grains ranges from 3170±43 to 1480±49 Ma. In South Timan, the source of clastic material for the metasandstones of the Dzhezhim Formation is assumed to be crystal complexes of the central parts of the Volga-Ural region. The ages of dated zircons from the lower subformation of the Dzhezhiparma Upland partially coincide with the ages of zircons from the middle subformation of the Dzhezhim Formation, with exception of the Middle-Upper Riphean dating. The grains of detrital zircon contained in the studied metasandstones are much older than the stratigraphic analogues from the northern and middle parts of the Timan Ridge, as well as the Polar and Subpolar Urals. When comparing the data on dating of detrital zircons in the northern and southern sections, a number of differences were established. The majority of zircons from the northern part of Timan are of Middle Riphean age, whereas the number of zircons of Archean and Early Proterozoic age is insignificant. In the South Timan, when studying the age of detrital zircons, the opposite pattern was established: ancient zircons counting 2100 and 2500 million years predominate, and zircons of Middle Riphean age are absent. The formation of Riphean rocks in the South Timan originated from more ancient (Archean-Early Proterozoic) sources, in contrast to the basement rocks in the Middle and North Timan, where the sources were younger (Middle Riphean) complexes.

Keywords:

Upper Riphaean, Dzhezhim Formation, South Timan, zircon, U-Pb dating

Введение

На Южном Тимане выходы рифейского фундамента вскрываются в ядрах Джежимпарминской, Очпарминской и Вадьявожской антиклинальных структур. Они расположены в отстоящих друг от друга на десятки километров разрезах, вскрытых в карьерах, разработанных для добычи бутового камня. Немногочисленные исследования геологов из производственных и научных организаций, проведенные в карьере Вадьявож после находки здесь нескольких кристаллов алмазов, были связаны с поисками алмазоносных россыпей, приуроченных к структурным корам выветривания по породам рифейского фундамента, которые рассматривались в качестве вторичного коллектора [1, с. 172–178]. Коренными источниками алмазов считаются перекрытые осадочным чехлом кимберлитовые тела, предположительно, кембрийского возраста, расположенные в пределах Коми-Пермяцкого и Сысольского сводов в Волго-Уральской части Восточно-Европейской платформы [2, с. 59–61; 3, с. 39–40; 4]. Существует также мнение, что источником алмазов могут быть кайнозойские «туффзиты» [5, с. 63–66; 6, с. 54–66]. Необходимость проведения U-Pb датирования определяется отсутствием однозначных данных о возрасте и источниках вещества, участвовавших в формировании отложений. Стратиграфическая принадлежность вскрытой карьером Вадьявож метатерригенной толщи обоснована сопоставлением с породами, отнесенными к нижней подсвите джежимской свиты возвышенности Джежимпарма, расположенной в 90 км к северо-западу¹, верхнерифейский возраст которых подтвержден результатами U-Pb датирования [7, с. 798–805]. В ходе геологической съемки изотопными исследованиями установлен возраст монацита из элювиально-делювиальных образований по породам рифея: 1100 ± 24 млн лет по $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ и 817 ± 127 млн лет по $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. Определение возраста микрофоссилий из тонкозернистых прослоев также дало неоднозначный результат – верхний рифей или средний-верхний рифей. Геохимическое изучение, проведенное нами ранее, позволило установить, что в обломочной части метапесчаников преобладает рециклированный и в небольшом количестве присутствует слабо выветрелый материал [8, с. 23–32]. Основным источником вещества, по аналогии с нижней подсвитой джежимской свиты увала Джежимпарма [7, с. 798–805], могли быть породы древнего фундамента Восточно-Европейской платформы. Они же могли являться промежуточным коллектором алмазов в коре выветривания по рифейским породам. В последнее время появились данные, указывающие на более молодой (пострифейский), возможно, вендский возраст джежимской свиты, основанные на обнаружении остатков организмов эдиакарского типа [9, с. 61–65].

Учитывая слабую обнаженность позднекембрийских комплексов Тимана, недостаточный объем геохронологических данных, отсутствие органических остатков и отчетливых маркирующих горизонтов, метод U/Pb изотопного

¹ Здесь и далее описание геологического строения приводится по: «Групповая геологическая съемка м-ба 1: 200 000 на территории листов Р-40-XX, Р-40-XXVI». Ответственный исполнитель: Кириллин С. И. Сыктывкар. 2002 г.

датирования циркона является наиболее актуальным при стратиграфическом изучении, выяснении условий образования и установлении источников сноса палеонтологически немых терригенных докембрийских образований Немской возвышенности Южного Тимана. Полученные данные по U-Pb (LA-SF-ICP-MS) датированию детритовых цирконов и сопоставление с имеющимися датировками цирконов из верхнедокембрийских толщ Тимана помогут установить возраст, источники обломочного материала, уточнить стратиграфическое положение исследуемой толщи, выяснить палеотектонические и палеогеографические условия осадконакопления и реконструировать историю геологического развития исследуемой территории.

Материалы и методы

Объект исследования – песчаники, вскрытые карьером Вадьявож на Немской возвышенности в крайней юго-восточной части Южного Тимана, расположенные на водоразделе бассейнов рек Вычегды и Камы (образец ВАД-1, $61^{\circ}27'47''$, $55^{\circ}49'33''$). Выделенная по стандартной методике тяжелая фракция минералогической пробы просмотрена под биноклем, монофракция циркона помещена в эпоксидную шашку. Определения U/Pb-изотопного возраста зерен циркона проведены с помощью устройства лазерной абляции UP-213 и одноколлекторного магнитно-секторного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Element XR (LA-ICP-MS метод) в ЦКП ГИН СО РАН «Геоспектр» (г. Улан-Удэ). Методика измерения, обработка масс-спектрометрического сигнала, расчет изотопных отношений и возрастов изложены в работе [10, с. 241–258]. Дискордантность определяли по формуле: D (дискордантность) = $100 \times [\text{возраст } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}) / \text{возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1]$. Высокодискордантные зерна циркона имеют параметры – $D \geq 10$ %. Для цирконов моложе 1 млрд лет использовалось $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -значение возраста, а для древних (более 1 млрд лет) – $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -возраст. Внутреннее строение циркона изучали по CL-изображениям, полученным на СЭМ ThermoFischer Scientific Axia ChemiSEM с выдвижным детектором катодолюминесценции RGB с диапазоном обнаружения длин волн 350–850 нм (аналитики И. Л. Потапов и В. А. Радаев). Изучение морфологических особенностей минерала проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6400 с энергетическим спектрометром Link с ускоряющим напряжением и током на образцах 20 кВ и 2×10^{-9} А соответственно и сертифицированными стандартами фирмы «Microspec» (аналитик В. Н. Филиппов). Исследования выполняли в ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Геологическое положение и состав песчаников

Алеврито-песчаниковая толща джежимской свиты верхнего рифея слагает ядро Вадьявожского выступа фундамента – ограниченной разрывными нарушениями антиклинальной структуры в области сочленения Тиманского складчато-глыбового сооружения и Восточно-Европейской платформы (рис. 1). Вскрытый карьером в центральной части Вадьявожского выступа фрагмент разреза

средней подсвиты джежимской свиты сложен аркозовыми песчаниками с подчиненными прослоями метаалевролитов, иногда переходящих в глинистые сланцы. На поверхностях напластования отмечаются трещины усыхания и образования, предположительно определяемые как ходы илоедов и отпечатки капель дождя [8, с. 23–32]. С выходами метатерригенных пород джежимской свиты совпадает поле развития латеритной коры выветривания, сложенной глиной, в нижней части с обломками подстилающих пород.

Песчаник характеризуется бластопсаммитовой структурой, массивной текстурой с регенерационным кварцевым, реже поровым хлоритовым или глинисто-железистым цементом. Около 90 % обломков представлено кварцем, встречаются зерна политизированных и серицитизированных полевых шпатов. Редкие обломки пород сложены гематит-кварц-серицитовым сланцем, микрокварцитом и мелкокристаллической полевошпат-кварцевой породой. Акцессорные минералы представлены эпидотом, цирконом и монацитом. В песчанике встречены единичные зерна слабо глинизированного обломочного биотита – минерала первого цикла выветривания.

U-Pb датирование и описание детритовых цирконов

Продатировано 110 зерен циркона, анализы с высокой дискордантностью (16 зерен) исключены из рассмотрения. Зерна циркона с дискордантными значениями содержат существенные количества элементов-примесей и по составу сходны с описанными нами ранее на увале Джежим-парма высокофосфористыми цирконами [17, с. 947–963].

Возраст зерен циркона охватывает диапазон от 3170±43 до 1480±49 млн лет (рис. 2, таблица). В рассматриваемой выборке наиболее древние зерна циркона с возрастными 3042±18 – 3170±43 млн лет (5 %) представлены минералами розового цвета, прозрачными, хорошо окатанными, с шероховатой поверхностью, на которой отмечаются небольшие углубления. Внутреннее строение зерен циркона неоднородное, пятнистое. Отмечаются яркие и темные зоны, неровные полосы светло-серого цвета. Встречаются зерна с ромбовидным пятнистым ядром в центре, вокруг которого расходятся чередующиеся темно-серые и светло-серые полосы (рис. 2, а).

Наибольшее количество зерен имеют датировки 2265±35 – 2924±20 млн лет. Среди них выделяется две группы, первая – в интервале 2265±35 – 2546±32 млн лет (12 %). Циркон этой группы представлен окатанными округлыми, грушевидными и удлиненными ($K_{удл.}$ 1–2) непрозрачными зернами темно-розового цвета. Поверхность шероховатая, редко встречаются гладкие грани сохранившейся призмы. В структуре циркона отмечается секториальная зональность, характеризующаяся чередованием темно-серых и светло-серых прямолинейных секторов (рис. 2, б). Вторая группа – 2581±22 – 2924±20 млн лет (35 %) – это в различной степени удлиненные прозрачные зерна циркона ($K_{удл.}$ 2–3 и 2–5) светло-розового цвета, в которых угадывается дипирамидально-призматический облик, и их обломки. Поверхность зерен шероховатая. Встречается гладкая поверхность граней призмы (рис. 2, в). На изображениях видна осцилляционная зональность.

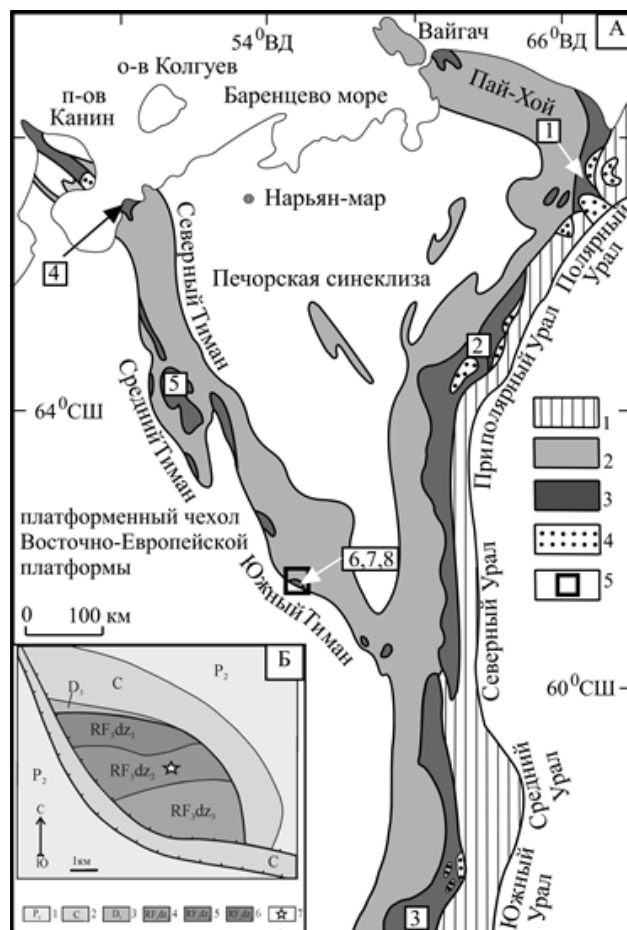


Рисунок 1. А. Схема геологического строения Тимано-Североуральского региона (по: [11, с. 741–760]): 1, 2 – палеозойские формации Урала и Тимана: 1 – палеоокеанические, 2 – палеоконтинентальные; 3 – верхнепротерозойские формации; 4 – нижнедокембрийские метаморфические комплексы; 5 – районы исследований. Цифры в квадратах – места отбора проб (графики показаны на рис. 4): 1 – № 4–28 [12, с. 488–492]; 2 – № 28 [11, с. 741–760]; 3 – № К-12-057 [13, с. 642]; 4 – № 202 [14, с. 14–26]; 5 – [15, с. 384–389]; 6 – № К-21-137 [16, с. 166–169]; 7 – № К-21-142 [16, с. 166–169]; 8 – № ВАД-1 (наши данные). Б. Схематическая геологическая карта Немской возвышенности.

Условные обозначения: 1 – пермская система: известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, глины; 2 – карбоновая система: известняки, доломиты, глинистые известняки, глины, песчаники известковистые; 3 – девонская система: известняки, доломиты; 4 – верхнерифейская эра: песчаники с прослоями сланцев; 5 – среднерифейская эра: сланцы, алевролиты, песчаники, гравелиты, брекчии; 6 – нижнерифейская эра: песчаники, сланцы; 7 – карьер Вадьявож.

Figure 1. A. Sketch-map of the geological structure of the Timan-North-Ural region (according to: [11, P. 741–760]): 1, 2 – Paleozoic formations of the Urals and Timan: 1 – paleoceanic, 2 – paleocontinental; 3 – Upper Proterozoic formations; 4 – Lower Precambrian metamorphic complexes; 5 – study areas. Figures in rectangles are sampling locations (graphs are shown in Figure 4): 1 – № 4–28 [12, P. 488–492]; 2 – № 28 [11, P. 741–760]; 3 – № К-12-057 [13, P. 642]; 4 – № 202 [14, P. 14–26]; 5 – [15, P. 384–389]; 6 – № К-21-137 [16, P. 166–169]; 7 – № К-21-142 [16, P. 166–169]; 8 – № VAD-1 (our data). Б. Geological sketch-map of the Nemskaya Upland.

Symbols: 1 – Permian system: limestones, dolomites, gypsum, anhydrites, clays; 2 – carboniferous system: limestones, dolomites, clayed limestones, clays, calcareous sandstones; 3 – Devonian system: limestones, dolomites; 4 – Upper Rhiphaean era: gerbits with shale interlayers; 5 – Middle Rhiphaean era: shales, siltstones, sandstones, gravelites, breccias; 6 – Lower Rhiphaean era: sandstones, shales; 7 – Vadyavozh quarry.

Результаты U-Pb (LA-ICP-MS) датирования цирконов из песчаника джежимской свиты
Results of U-Pb (LA-ICP-MS) dating of zircons from sandstone of the Dzhuzhim Formation

№ точки	Th/U	1σ	Изотопные соотношения						Rho	Возраст, млн лет				
			²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	Pb ²⁰⁷ / Pb ²⁰⁶	1σ	D, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
87	0.49	0.01	0.0926	0.0024	3.2359	0.0824	0.2536	0.0028	0.1	1457	15	1480	49	1
31	0.61	0.01	0.1031	0.0014	4.1709	0.0513	0.2937	0.0027	0.2	1660	13	1680	24	1
65	0.64	0.01	0.1058	0.0023	4.2114	0.0876	0.2890	0.0030	0.2	1636	15	1728	39	6
102	0.68	0.01	0.1127	0.0037	5.1315	0.1613	0.3304	0.0041	0.1	1840	20	1843	58	0
110	0.31	0.01	0.1131	0.0039	5.1472	0.1735	0.3304	0.0043	0.1	1840	21	1849	62	0
22	0.61	0.01	0.1134	0.0014	5.2973	0.0595	0.3389	0.0030	0.3	1882	15	1855	22	-1
78	0.22	0.01	0.1135	0.0026	5.2370	0.1174	0.3348	0.0035	0.2	1862	17	1857	41	0
88	0.88	0.01	0.1144	0.0030	5.1961	0.1332	0.3297	0.0037	0.1	1837	18	1870	47	2
109	0.76	0.01	0.1148	0.0039	5.4261	0.1797	0.3429	0.0044	0.1	1900	21	1877	60	-1
49	0.81	0.01	0.1221	0.0020	5.7962	0.0874	0.3447	0.0032	0.2	1909	16	1987	28	4
56	0.21	0.01	0.1155	0.0021	5.1015	0.0868	0.3207	0.0031	0.2	1793	15	1887	32	5
60	0.95	0.01	0.1159	0.0021	5.1476	0.0902	0.3225	0.0032	0.2	1802	15	1893	33	5
11	0.51	0.01	0.1159	0.0013	5.4749	0.0563	0.3427	0.0030	0.3	1900	14	1894	21	0
66	0.02	0.01	0.1161	0.0033	5.3407	0.1486	0.3340	0.0043	0.2	1858	21	1897	50	2
100	0.36	0.01	0.1166	0.0036	5.6258	0.1677	0.3502	0.0042	0.1	1936	20	1904	54	-2
25	0.72	0.01	0.1170	0.0015	5.4281	0.0623	0.3366	0.0030	0.3	1870	15	1911	22	2
7	0.02	0.01	0.1173	0.0020	5.4877	0.0869	0.3394	0.0034	0.2	1884	17	1915	30	2
90	0.48	0.01	0.1177	0.0032	5.4984	0.1438	0.3390	0.0038	0.1	1882	18	1922	48	2
53	0.74	0.01	0.1180	0.0020	5.4354	0.0887	0.3344	0.0032	0.2	1860	16	1926	31	4
93	0.71	0.01	0.1181	0.0034	5.7122	0.1595	0.3511	0.0041	0.1	1940	20	1927	51	-1
50	0.65	0.01	0.1183	0.0019	5.5259	0.0845	0.3392	0.0032	0.2	1883	15	1930	29	3
99	0.28	0.01	0.1182	0.0036	5.6552	0.1667	0.3471	0.0042	0.1	1921	20	1930	53	0
27	0.83	0.01	0.1182	0.0015	5.6165	0.0644	0.3447	0.0031	0.3	1909	15	1930	22	1
18	0.21	0.01	0.1185	0.0015	5.5237	0.0631	0.3383	0.0030	0.3	1879	15	1933	22	3
10	0.63	0.01	0.1190	0.0014	5.5752	0.0577	0.3397	0.0030	0.3	1885	14	1942	21	3
80	0.68	0.01	0.1191	0.0028	5.6574	0.1301	0.3448	0.0037	0.2	1910	18	1943	42	2
67	0.53	0.01	0.1197	0.0025	5.6955	0.1120	0.3454	0.0035	0.2	1913	17	1952	36	2
48	0.52	0.01	0.1203	0.0019	5.6598	0.0849	0.3416	0.0032	0.2	1894	15	1960	28	3
20	1.03	0.02	0.1206	0.0015	5.6478	0.0645	0.3397	0.0030	0.3	1885	15	1966	22	4
83	0.52	0.01	0.1212	0.0031	5.8392	0.1427	0.3499	0.0038	0.1	1934	18	1973	44	2
58	0.83	0.01	0.1215	0.0023	5.7438	0.1012	0.3431	0.0034	0.2	1902	16	1979	33	4
38	0.74	0.01	0.1217	0.0018	5.8529	0.0791	0.3492	0.0032	0.2	1931	15	1981	26	3
1	0.49	0.01	0.1217	0.0014	5.9245	0.0584	0.3530	0.0031	0.3	1949	15	1981	20	2
92	0.17	0.01	0.1225	0.0035	5.7408	0.1572	0.3402	0.0039	0.1	1888	19	1993	49	6
73	0.32	0.01	0.1229	0.0027	6.0149	0.1289	0.3553	0.0037	0.2	1960	18	1999	39	2
86	1.62	0.03	0.1229	0.0033	6.0072	0.1535	0.3549	0.0040	0.1	1958	19	1999	46	2
29	0.35	0.01	0.1237	0.0016	6.1448	0.0720	0.3604	0.0032	0.2	1984	15	2011	23	1
68	0.26	0.01	0.1238	0.0026	6.1568	0.1229	0.3612	0.0037	0.2	1988	17	2011	36	1
51	0.68	0.01	0.1238	0.0022	6.0802	0.1015	0.3566	0.0035	0.2	1966	17	2011	31	2
16	0.43	0.01	0.1239	0.0015	5.9297	0.0640	0.3473	0.0031	0.3	1922	15	2013	21	5
64	1.44	0.03	0.1240	0.0026	5.8700	0.1198	0.3438	0.0036	0.2	1905	17	2014	37	6
85	0.69	0.01	0.1247	0.0032	6.2711	0.1560	0.3651	0.0040	0.1	2006	19	2024	45	1
12	0.77	0.01	0.1250	0.0014	5.8892	0.0601	0.3418	0.0030	0.3	1895	14	2029	20	7
37	0.42	0.01	0.1257	0.0019	6.4819	0.0898	0.3744	0.0035	0.2	2050	16	2038	26	-1
69	0.64	0.01	0.1431	0.0030	7.8730	0.1559	0.3993	0.0041	0.2	2166	19	2265	35	5
108	0.99	0.01	0.1482	0.0051	8.3667	0.2780	0.4095	0.0053	0.1	2213	24	2326	58	5
94	0.69	0.01	0.1496	0.0043	8.8649	0.2488	0.4300	0.0051	0.1	2306	23	2342	49	2
39	0.55	0.01	0.1524	0.0022	9.0952	0.1198	0.4332	0.0040	0.2	2320	18	2373	24	2
103	0.58	0.01	0.1567	0.0051	9.7381	0.3047	0.4509	0.0056	0.1	2399	25	2421	54	1
52	0.71	0.01	0.1582	0.0027	9.4980	0.1537	0.4359	0.0042	0.2	2332	19	2436	29	4
44	0.79	0.01	0.1598	0.0025	9.8713	0.1421	0.4485	0.0042	0.2	2389	19	2453	26	3

В диапазоне 1843±58 – 2038±26 млн лет условно выделяются три временных интервала. В интервале 1843±58 – 1877±60 млн лет (6 %) циркон представлен удлиненными окатанными непрозрачными зернами розового цвета с гладкой поверхностью ($K_{удл}$ 1–3, 1–4) и их обломками. Внутреннее строение однородное. В одном зерне можно наблюдать пятнистую структуру, магматическую зональность. Встречаются окатанные ядра (рис. 2, г).

Интервал 1887±32 – 1981±26 млн лет (24 %) – хорошо окатанные округлые непрозрачные зерна темно-розового цвета. В структуре большей части зерен отмечаются светлые ядра, на краях видна осцилляционная зональность или чередование ярких и темных полос. Вероятнее всего, в этой группе представлены хорошо окатанные обломки дипирамидально-призматического циркона (рис. 2, д).

Интервал 1987±28 – 2038±26 млн лет (15 %) – окатанные, почти изометричные непрозрачные зерна бордового цвета, в которых иногда можно обнаружить реликты призматического габитуса. Поверхность минерала чаще всего гладкая, местами шероховатая. Циркон характеризуется неоднородным внутренним строением, наблюдаются разупорядоченные полосы серого на фоне темно-серого цвета (рис. 2, е).

Возрасты единичных зерен составляют: 1480±49 млн лет – обломок прозрачного циркона бледно-розового цвета с гладкой поверхностью и однородным внутренним строением, 1680±24 млн лет – хорошо окатанное удлиненное непрозрачное зерно темно-розового цвета с равномерно шероховатой поверхностью и однородным внутренним строением (рис. 2, ж), и 1728±39 млн лет – хорошо окатанное удлиненное ($K_{удл}$ 1–3) прозрачное зерно светло-розового цвета с шероховатой ям-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
33	0.33	0.01	0.1612	0.0022	10.5094	0.1350	0.4731	0.0044	0.2	2497	19	2468	23	-1
96	0.41	0.01	0.1659	0.0049	10.4614	0.2979	0.4576	0.0054	0.1	2429	24	2517	49	4
55	0.56	0.01	0.1670	0.0030	10.6654	0.1803	0.4635	0.0045	0.2	2455	20	2528	30	3
61	0.51	0.01	0.1688	0.0033	10.7500	0.1987	0.4622	0.0046	0.2	2449	20	2546	32	4
32	0.54	0.01	0.1723	0.0023	10.8462	0.1320	0.4568	0.0041	0.2	2425	18	2581	22	6
13	0.96	0.01	0.1760	0.0021	11.9577	0.1283	0.4928	0.0044	0.3	2583	19	2616	20	1
72	0.61	0.01	0.1766	0.0039	12.1033	0.2551	0.4976	0.0052	0.2	2603	22	2621	36	1
101	1.04	0.02	0.1789	0.0057	12.6471	0.3887	0.5129	0.0063	0.1	2669	27	2643	52	-1
3	0.30	0.01	0.1796	0.0020	12.3282	0.1176	0.4979	0.0043	0.3	2605	19	2649	18	2
63	1.17	0.03	0.1802	0.0049	12.4058	0.3362	0.4998	0.0077	0.3	2613	33	2655	44	2
82	1.03	0.02	0.1807	0.0045	12.3840	0.2988	0.4976	0.0054	0.1	2603	23	2659	41	2
40	1.10	0.02	0.1814	0.0027	12.8638	0.1750	0.5147	0.0048	0.2	2677	20	2666	24	0
107	1.85	0.03	0.1814	0.0061	12.6367	0.4098	0.5054	0.0064	0.1	2637	27	2666	54	1
15	0.75	0.01	0.1827	0.0021	12.5455	0.1295	0.4983	0.0044	0.3	2606	19	2677	19	3
42	0.36	0.01	0.1815	0.0027	12.2842	0.1701	0.4913	0.0045	0.2	2576	20	2667	24	4
98	0.43	0.01	0.1819	0.0055	12.5352	0.3637	0.5002	0.0060	0.1	2615	26	2670	49	2
43	0.89	0.01	0.1818	0.0027	12.4723	0.1758	0.4979	0.0046	0.2	2605	20	2670	25	2
36	0.56	0.01	0.1829	0.0025	12.7779	0.1618	0.5070	0.0046	0.2	2644	20	2680	22	1
45	0.60	0.01	0.1833	0.0028	12.8057	0.1841	0.5071	0.0047	0.2	2644	20	2683	25	1
77	1.10	0.02	0.1837	0.0042	12.4652	0.2772	0.4927	0.0052	0.2	2582	23	2686	38	4
26	0.34	0.01	0.2093	0.0027	15.8706	0.1835	0.5502	0.0050	0.3	2826	21	2900	20	3
5	0.39	0.01	0.1842	0.0021	12.5921	0.1291	0.4957	0.0044	0.3	2595	19	2691	19	4
76	0.73	0.01	0.1845	0.0042	12.7741	0.2802	0.5026	0.0053	0.2	2625	23	2694	37	3
81	2.21	0.03	0.1845	0.0046	12.9894	0.3142	0.5111	0.0057	0.2	2661	24	2694	41	1
70	0.20	0.01	0.1849	0.0039	12.3201	0.2472	0.4838	0.0049	0.2	2544	21	2697	34	6
57	0.16	0.01	0.1858	0.0033	12.9113	0.2183	0.5044	0.0049	0.2	2633	21	2706	29	3
46	0.80	0.01	0.1875	0.0030	13.1145	0.1939	0.5076	0.0048	0.2	2647	21	2721	26	3
54	0.68	0.01	0.1877	0.0035	12.7918	0.2272	0.4947	0.0051	0.2	2591	22	2722	30	5
24	0.63	0.01	0.1880	0.0024	13.7174	0.1600	0.5294	0.0048	0.3	2739	20	2725	21	-1
2	0.08	0.01	0.1883	0.0020	12.7586	0.1201	0.4914	0.0042	0.3	2577	18	2727	18	6
74	0.54	0.01	0.1882	0.0042	13.2920	0.2860	0.5126	0.0053	0.2	2668	23	2727	36	2
35	0.47	0.01	0.1885	0.0027	13.5460	0.1791	0.5215	0.0049	0.2	2705	21	2730	23	1
34	0.58	0.01	0.1891	0.0026	13.3821	0.1667	0.5136	0.0047	0.2	2672	20	2735	22	2
23	0.52	0.01	0.1896	0.0023	13.6929	0.1532	0.5241	0.0047	0.3	2717	20	2739	20	1
21	0.49	0.01	0.1977	0.0024	14.8381	0.1626	0.5447	0.0049	0.3	2803	20	2807	20	0
14	0.51	0.01	0.1979	0.0023	14.7072	0.1555	0.5391	0.0048	0.3	2780	20	2809	19	1
75	0.38	0.01	0.2035	0.0046	15.1819	0.3302	0.5415	0.0057	0.2	2790	24	2855	36	2
28	0.60	0.01	0.2124	0.0027	16.1179	0.1845	0.5506	0.0049	0.3	2828	20	2924	20	3
9	0.87	0.01	0.2286	0.0026	19.0679	0.1962	0.6050	0.0054	0.3	3050	22	3042	18	0
17	0.48	0.01	0.2324	0.0027	19.3416	0.2004	0.6039	0.0053	0.3	3046	21	3068	18	1
71	0.52	0.01	0.2405	0.0052	20.0767	0.4193	0.6061	0.0063	0.2	3054	25	3123	34	2
106	0.60	0.01	0.2428	0.0081	20.6983	0.6654	0.6186	0.0078	0.1	3104	31	3138	52	1
89	0.35	0.01	0.2476	0.0068	21.0106	0.5569	0.6159	0.0073	0.2	3093	29	3170	43	2

чатой поверхностью и внутренним строением, характеризующимся неравномерным чередованием ярко-серых и серых полос (рис. 2, з).

Зерна циркона различаются по величине Th/U отношения, зависящего от их происхождения [18; 19, с. 73–78; 20, с. 1–37; 21, с. 122–138; 22, с. 117–133]. Отношения Th/U в датированных зернах циркона из песчаников джежимской свиты варьируют в пределах от 0.02 до 2.21 (таблица, рис. 3).

Большинство фигуративных точек зерен циркона всех возрастных диапазонов укладываются в интервал значений $0.3 < \text{Th}/\text{U} < 1.1$, характерных для большинства магматических и метаморфических горных пород. В пяти зернах

позднепалеопротерозойской популяции и одном неорархейском зерне значения Th/U меньше порогового (0.3), характерного для цирконов из метаморфических пород и жильных образований [21, с. 123–138]. Аномально низкие значения Th/U отмечены в трех зернах циркона с низким содержанием Th, источником которых могут быть низкотемпературные граниты [23, с. 635–638]. Источником зерен циркона с величинами Th/U 0.5–0.8 могут быть гранитоиды и метаморфические породы амфиболитовой фации [18; 22, с. 117–133]. Зерна циркона с высокими значениями Th/U (0.8–1.1) свойственны породам высокой степени метаморфизма, а четыре зерна с наиболее высокими значениями (1.44–2.21) могут происходить из мантийных пород основного состава [24, с. 295–312].

Результаты и их обсуждение

Особенности морфологии, внутреннего строения и U-Pb датирование циркона из метапесчаников джежимской свиты указывают на поступление терригенного материала в осадочную толщу из нескольких источников, разноудаленных друг от друга. Вероятным первичным источником зерен циркона с мезо- и неорархейскими датировками могли быть породы, принимающие участие в строении кристаллического фундамента Волго-Уральской и Сарматской частей Восточно-Европейской платформы.

Большинство зерен циркона этой популяции представлены окатанными изометричными и удлиненными формами. Встречаются удлиненные призматические кристаллы с сохранившимися гранями и сглаженными ребрами.

Зерна циркона с возрастными 1987±28 – 2038±26 млн лет могут быть связаны с гранитоидами, внедрением которых сопровождалось коллизионные процессы, сопряженные с формированием Волго-Сарматского орогена [25, с. 427–432; 26, с. 23–45]. В двух зернах с возрастными 1915±30 и 1897±50 млн лет отмечены аномально низкие значения Th/U. Оба зерна характеризуются идеальной окатанностью ($K_{удл.}$ 1.1 и 1.0), отсутствием зональности и неравно-

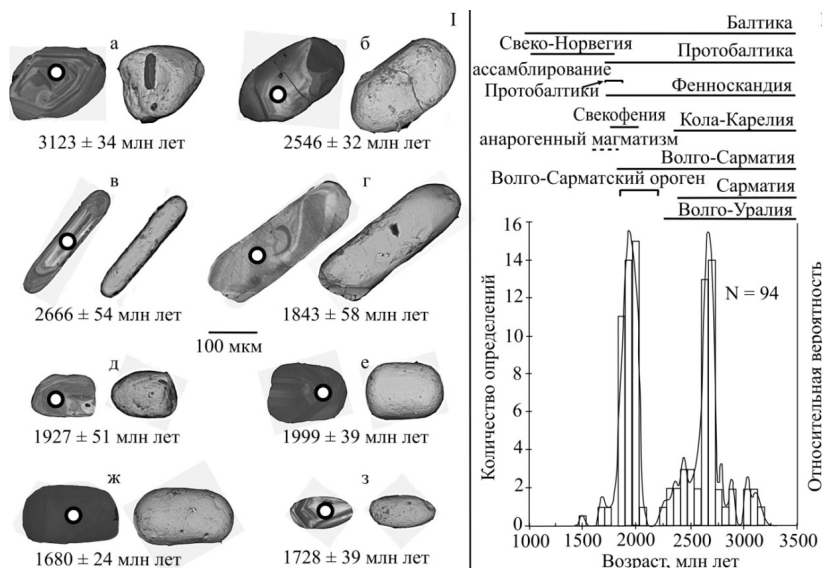


Рисунок 2. Цирконы из метапесчаников джежимской свиты: I – внутреннее строение по CL-снимкам (слева) и морфология по SE-снимкам (справа), II – гистограмма и кривая плотности вероятности распределения изотопных возрастов.

Figure 2. Zircons from metasandstones of the Dzhezhim Formation. I – internal structure from CL images (left) and morphology from SE images (right), II – histogram and probability density curve of isotopic age distribution.

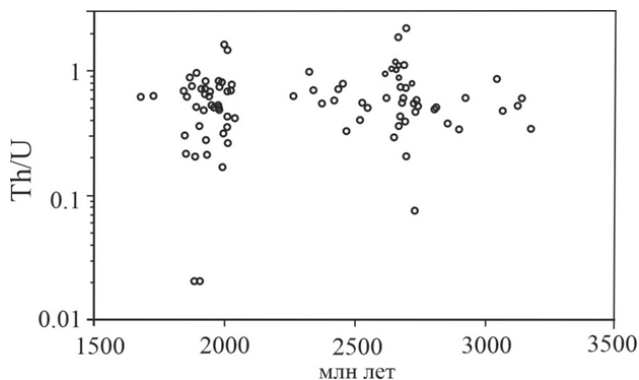


Рисунок 3. Диаграмма зависимости величины Th/U в зернах детритового циркона из песчаников джежимской свиты от их возраста.

Figure 3. Dependency diagram of the Th/U value in detrital zircon grains from sandstones of the Dzhezhim Formation on their age.

мерной пятнистой окраской в CL-изображении. В качестве источника этих зерен можно предположить эцлогитовые комплексы Лапландско-Беломорского пояса в восточной части Балтийского щита [27, с. 5–10]. Образование циркона популяции 1843±58 – 1877±60 млн лет может быть связано с проявлениями анорогенного магматизма на окраинах Фенноскандии [25, с. 427–432]. Источниками зерен с датировками 1480±49, 1680±24 и 1728±39 млн лет, соответствующими по возрасту готской аккреционной фазе на западной окраине Балтики, могли быть породы, участвовавшие в строении аккреционно-коллизийного Свеко-Норвежского мегаблока [26, с. 23–45].

Вероятным первичным источником зерен циркона с мезо- и неоархейскими датировками 2265±35 – 2924±20 млн лет могли быть породы, принимающие участие в строении кристаллического фундамента Волго-Уральской и Сарматской частей древнего остова Восточно-Европейской платформы. Большинство зерен циркона этой популяции по значениям отношения Th/U (рис. 3) попадают в

характерный для гранитов интервал 0.5–0.8 [18] и представлены окатанными овальными и округлыми зернами. Редко встречаются удлиненные призматические кристаллы с сохранившимися гранями и сглаженными ребрами. Два зерна с аномально высокими значениями Th/U и возрастaми 2694±41 и 2666±54 млн лет представлены остроугольным обломком и окатанным с круглым сечением удлиненным зерном с четко проявленной тонкой CL-зональностью.

Мы сопоставили полученные результаты датирования зерен детритового циркона из метапесчаников средней подсвиты джежимской свиты Немской возвышенности (рис. 1, 4) с возрастaми зерен циркона из верхнерифейских толщ Урала и Тимана: нижней подсвиты джежимской свиты возвышенности Джемипарма – карьеры Асывож [7, с. 798–805] и Джемип [16, с. 166–169], паунской свиты Среднего Тимана [15, с. 166–169],

румяничной свиты Северного Тимана [14, с. 14–26], зильмердакской свиты Южного Урала [13, с. 642], хобеинской свиты Приполярного Урала [11, с. 741–760], минисейшорской свиты Полярного Урала [12, с. 488–492].

На схеме сопоставления (рис. 4) видно, что песчаники джежимской свиты Немской возвышенности содержат большее количество цирконов с древними датировками, чем их стратиграфические аналоги из северной и средней частей Тиманского кряжа. Возраст обломочных цирконов нижней подсвиты джежимской свиты возвышенности Джемипарма отчасти совпадает с возрастом цирконов изученной пробы, отличаясь присутствием средне-верхнерифейских датировок. Это может быть обусловлено изменением области питания – выведением из области размыва расположенных на окраине гранитных массивов в результате продвижения береговой линии вглубь палеоконтинента.

Проведенное сравнение позволяет сделать вывод о широтной смене источников детритовых цирконов, уменьшении с севера на юг доли молодых зерен за счет сокращения области размыва. На относительно небольшой территории Тимано-Североуральского региона накопление терригенных толщ происходило при разных условиях. Источники детритового циркона Северного и Среднего Тимана сходны с источниками циркона севера Урала, включая Приполярный, Полярный и Северный Урал. Значения возрастa циркона из разрезов Южного Урала сходны со с таковыми для Южного Тимана. По мере продвижения на юг молодых значений становится меньше, появляются новые пики с возрастaми 2100 и 2500 млн лет, соответствующие не задействованным в формировании более северных разрезов источникам обломочного материала. На графике самого южного разреза Тиманской гряды присутствует только два древних пика. Не исключено, что на Немской возвышенности отложения имеют более древний возраст

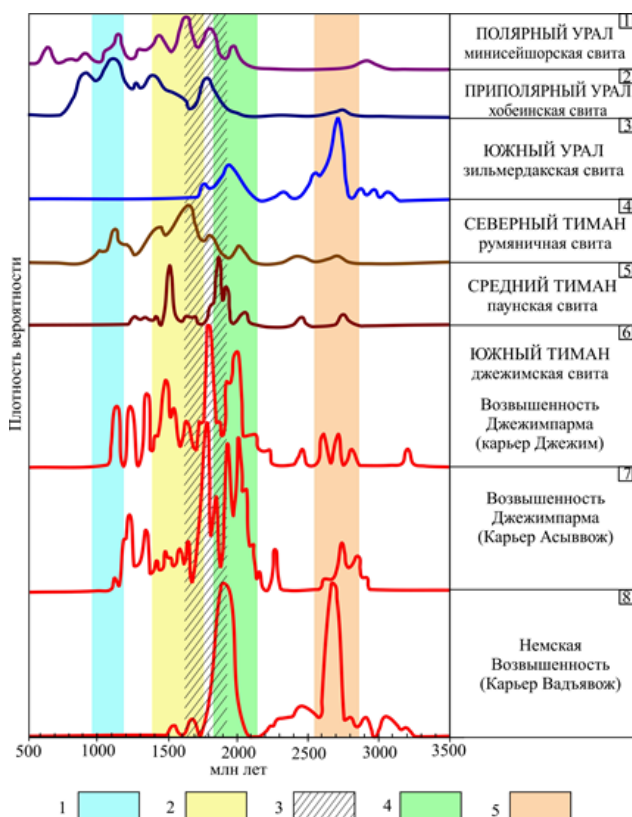


Рисунок 4. Схема сопоставления U/Pb-возрастов детритовых цирконов из верхнерифейских отложений Урала и Тимана.

Условные обозначения: 1-3 – фазы орогении: 1 – Sveko-Norwegian (Grenville); 2 – Dano-Polonskaya, Telemarkskaya and Gothic; 3 – Svecofennian; 4-5 – тектонические события: 4 – кратонизация Прото-Балтики; 5 – формирование неогарейских комплексов протократонов. Цифры в квадратах и ссылки на работы авторов соответствуют рис. 1.

Figure 4. Scheme of comparison of U/Pb ages of detrital zircons from the Upper Riphæan deposits of the Urals and Timan.

Symbols: 1-3 – phases of orogeny: 1 – Sveko-Norwegian (Grenville); 2 – Dano-Polonskaya, Telemarkskaya and Gothic; 3 – Svecofennian; 4-5 – tectonic events: 4 – cratonization of Proto-Baltics; 5 – formation of Neogarchean protocraton complexes. Figures in squares and references (links to the authors' works) correspond to Figure 1.

и представляют нижние, по сравнению со вскрытыми карьером Асывож на увале Джежимпарма, горизонты джежимской свиты.

Заключение

В результате датирования зерен детритового циркона из метапесчаников средней подсвиты джежимской свиты на Немской возвышенности установлено, что породы сформировались не раньше, чем на рубеже нижнего и верхнего протерозоя. Формирование состава отложений проходило преимущественно за счет привноса в осадочный бассейн терригенного материала из разрушавшихся кристаллических комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы – древних глубоко метаморфизованных образований кратонов, а также гранитоидов, внедрение которых сопровождало коллизионные процессы в ходе формирования Волго-Уральского, Волго-Сарматского орогенов и образования континента Прото-Балтики. Песчаники Немской возвышенности Южного Тимана по литологическим параметрам, положению в разрезе, полу-

ченным данным о возрасте обломочных цирконов сходны с подобными образованиями на Южном Урале и, вероятно, формировались в едином осадочном бассейне за счет разрушения и переотложения материала кристаллических комплексов древнего фундамента Восточно-Европейской платформы. Вариации встречаемости цирконов наиболее древней популяции обусловлены различной интенсивностью разрушения отдельных блоков древнего фундамента. Различия в возрасте цирконов из нижней и средней подсвит джежимской свиты можно объяснить постепенным, по мере накопления более чем 700-метровой терригенной толщи, уменьшением области размыва, смещением с территории, где были развиты комплексы активных континентальных окраин, в сторону континента – центральных районов Волго-Уралии.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Жарков, В. А. Крупнокристаллический монацит из кайнозойских отложений в районе ручья Вадьявож (Немская возвышенность, Южный Тиман) / В. А. Жарков, И. В. Швецова // Труды Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Вып. 101. – Сыктывкар, 1999. – № 28 – С. 172–178.
2. Оловянишников, В. Г. Первоисточники россыпей алмазов Тимана / В. Г. Оловянишников // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: материалы всеросс. совещ. – Сыктывкар, 2001. – С. 59–61.
3. Щербаков, Э. С. Условия образования среднедевонских алмазоносных отложений Тимана / Э. С. Щербаков, А. М. Плякин, П. П. Битков // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: материалы всеросс. совещ. – Сыктывкар, 2001. – С. 39, 40.
4. Гракова, О. В. Алмазопроявления Среднего и Южного Тимана / О. В. Гракова. – Сыктывкар, 2021. – 144 с.
5. Макеев, А. Б. Новые перспективы алмазоносности Тимана / А. Б. Макеев, А. Я. Рыбальченко, В. А. Дудар, В. Г. Шеметько // Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейского Северо-Востока России: новые результаты и новые перспективы: материалы XIII Геол. съезда Республики Коми. Т. IV. – Сыктывкар, 1999. – С. 63–66.
6. Рыбальченко, А. Я. Теоретические основы прогнозирования и поисков коренных месторождений алмазов туфзитового типа / А. Я. Рыбальченко, Т. М. Рыбальченко, В. И. Силаев // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Сыктывкар, 2011. – № 1 (5). – С. 54–66.
7. Кузнецов, Н. Б. Первые результаты U/Pb-датирования и изотопно-геохимического изучения детритных цирконов из позднедокембрийских песчаников Южного Тимана (увал Джежим-Парма) / Н. Б. Кузнецов, Л. М. Натапов, Е. А. Белоусова, У. Л. Гриффин, С. О. Рейлли [и др.] // Доклады Академии наук. – 2010. – Т. 435, № 6. – С. 798–805.
8. Никулова, Н. Ю. Вещественный состав и особенности формирования метаосадочных пород фундамента Вадьявожского выступа (Немская возвышенность, Юж-

- ный Тиман) / Н. Ю. Никулова // Региональная геология и металлогения. – 2017. – № 69. – С. 23–32.
9. Колесников, А. В. Биота эдиакарского типа в верхнем докембрии Тиманского кряжа (возвышенность Джежим-Парма, Республика Коми) / А. В. Колесников, И. В. Латышева, А. В. Шацилло, Н. Б. Кузнецов, А. С. Колесников [и др.] // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 510, № 1. – С. 61–65. – DOI 10.31857/S2686739722602964.
 10. Хубанов, В. Б. U-Pb изотопное датирование цирконов из PZ 3-MZ магматических комплексов Забайкалья методом магнитно-секторной масс-спектрометрии с лазерным пробоотбором: процедура определения и сопоставление с SHRIMP данными / В. Б. Хубанов, М. Д. Буянтуев, А. А. Цыганков // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57, № 1. – С. 241–258.
 11. Пыстин, А. М. U-Pb (LA-SF-ICP-MS) возраст и вероятные источники сноса детритовых цирконов из терригенных отложений верхнего докембрия Приполярного Урала / А. М. Пыстин, О. В. Гракова, Ю. И. Пыстина, Е. В. Кушманова, К. С. Попвасев [и др.] // Литосфера. – 2022. – Т. 22, № 6. – С. 741–760. – DOI 10.24930/1681-9004-2022-22-6-741-760.
 12. Уляшева, Н. С. Первые результаты U-Pb LA-SF-ICP-MS-датирования детритовых цирконов из среднерифейских (?) терригенных отложений Полярного Урала / Н. С. Уляшева, Ю. И. Пыстина, А. М. Пыстин, О. В. Гракова, В. Б. Хубанов // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 485, № 4. – С. 488–492. – DOI 10.31857/S0869-56524854488-492.
 13. Романюк, Т. В. Первые результаты U/Pb LA-ICP-MS датирования детритных цирконов из верхнерифейских песчаников Башкирского антиклинория (Южный Урал) / Т. В. Романюк, А. В. Маслов, Н. Б. Кузнецов, Е. А. Белоусова, Ю. Л. Ронкин [и др.] // Доклады Академии наук. – 2013. – Т. 452, № 6. – С. 642. – DOI 10.7868/S0869565213310174.
 14. Андреичев, В. Л. U-Pb (LA-ICP-MS) возраст детритовых цирконов из метаосадочных пород основания верхнедокембрийского разреза Северного Тимана / В. Л. Андреичев, А. А. Соболева, В. Б. Хубанов, И. Д. Соболев // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2018. – Т. 93, № 2. – С. 14–26.
 15. Брусницына, Е. А. Результаты исследований U-Pb изотопного возраста обломочных цирконов из средне-верхнерифейских отложений Четласского камня (Тиманской гряды) / Е. А. Брусницына, В. Б. Ершова, А. К. Худолей, Т. Андерсен // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии: Материалы I Тектонического совещания. – Москва : ГЕОС, 2018. – Т. 2 – С. 384–388.
 16. Латышева, И. В. U-Pb возраст зерен детритового циркона из обломочных пород джежимской свиты (верхний докембрий Южного Тимана) / И. В. Латышева, Н. Б. Кузнецов, А. В. Шацилло, А. В. Колесников, А. В. Страшко [и др.] // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса от океана к континенту: Материалы научной конференции. – Иркутск : Институт земной коры СО РАН, 2022. – Вып. 20. – С. 166–169.
 17. Гракова, О. В. Геохимия высокофосфористого циркона из верхнерифейских песчаников Южного Тимана / О. В. Гракова, С. Г. Скублов, Н. Ю. Никулова, О. Л. Галанкина // Геохимия. – 2023. – Т. 68, № 9. – С. 947–963. – DOI 10.31857/S0016752523090054.
 18. Вотяков, С. Л. Кристаллохимия и физика радиационно-термических эффектов в ряде U-Th-содержащих минералов как основа для их химического микронзондового датирования / С. Л. Вотяков, Ю. В. Шапова, В. В. Хиллер. – Екатеринбург : Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2011. – 336 с.
 19. Пыстин, А. М. Новые данные о возрасте гранитоидов Приполярного Урала в связи с проблемой выделения кожимской среднерифейской гранит-риолитовой формации / А. М. Пыстин, Ю. И. Пыстина // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2011. – № 4(8). – С. 73–78.
 20. Романюк, Т. В. Палеотектонические и палеогеографические обстановки накопления нижнерифейской айской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал) на основе изучения детритовых цирконов методом «TerraneChrono®» / Т. В. Романюк, Н. Б. Кузнецов, Е. А. Белоусова, В. М. Горожанин, Е. Н. Горожанина // Геодинамика и тектонофизика. – 2018. – Т. 9, № 1. – С. 1–37. – DOI 10.5800/GT-2018-9-1-0335.
 21. Rubatto, D. Zircon trace element geochemistry : partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism / D. Rubatto // D Chem. Geol. – 2002. – Vol. 184. – P. 123–138.
 22. Verma, S. P. New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins / S. P. Verma, J. S. Armstrong-Altrin // Chem. Geol. – 2013. – № 355. – P. 117–133.
 23. Harrison, T. M. Temperature spectra of zircon crystallization in plutonic rocks / T. M. Harrison, E. B. Watson, A. B. Aikman // Geology. – 2007. – № 35 (7). – 635–638. – DOI 10.1130/G23505A.1.
 24. Kaczmarek, M. A. Trace element chemistry and U-Pb dating of zircons from oceanic gabbros and their relationship with whole rock composition (Lanzo, Italian Alps) / M. A. Kaczmarek, O. Müntener, D. Rubatto // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2008. – № 155 (3). – P. 295–312. – DOI 10.1007/s00410-007-0243-3.
 25. Кузнецов, Н. Б. Первые U/Pb-данные о возрастах детритных цирконов из песчаников верхнеэмской тактинской свиты Западного Урала (в связи с проблемой коренных источников уральских алмазонасных россыпей) / Н. Б. Кузнецов, Т. В. Романюк, А. В. Шацилло, С. Ю. Орлов, В. М. Горожанин, Е. Н. Горожанина [и др.] // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 455, № 4. – С. 427–432.
 26. Bogdanova, S. V. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia / S.V. Bogdanova, B. Bingen, R. Gorbatshev, T.N. Kheraskova, V.I. Kozlov, V.N. Puchkov, Yu.A. Volozh // Precambrian Res. – 2008. – V. 160. – P. 23–45.
 27. Slabunov, A. Geological review. Archean-paleoproterozoic crustal evolution of the Belomorian Province (Fen-

noscandian Shield) and the tectonic position of eclogites / A. Slabunov, V. Balagansky, A. Shchipansky // Early Precambrian Eclogites of the Belomorian Province, Fennoscandian Shield. Field Guidebook. – Petrozavodsk, 2019. – P. 5–10.

References

1. Zharkov, V. A. Krupnokristallicheskie monazity iz kainozoiskikh otlozhenii v raione ruchya Vadyavozh (Nemskaya vozvyshennost, Yuzhnyi Timan) [Coarse-crystalline monazite from Cenozoic deposits in the area of the Vadyavozh stream (Nemskaya Upland, South Timan)] / V. A. Zharkov, I. V. Shvetsova // Proceedings of the Institute of Geology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – Vol. 101. – Syktyvkar, 1999. – № 28 – P. 172–178.
2. Olovyanishnikov, V. G. Pervoistochniki rossypei almazov Timana [Primary sources of Timan diamond placers] / V. G. Olovyanishnikov // Almazy i almazonosnost Timano-Uralskogo regiona [Diamonds and Diamond Potential of the Timan-Ural Region] : Materials of the All-Russian Meeting. – Syktyvkar, 2001. – P. 59–61.
3. Shcherbakov, E. S. Usloviya obrazovaniya srednedevonskii almazonosnykh otlozhenii Timana [Conditions for the formation of the Middle Devonian diamondiferous deposits of Timan] / E. S. Shcherbakov, A. M. Plyakin, P. P. Bitkov // Almazy i almazonosnost Timano-Uralskogo regiona [Diamonds and Diamond Potential of the Timan-Ural Region] : Materials of the All-Russian Meeting. – Syktyvkar, 2001. – P. 39, 40.
4. Grakova, O. V. Almazoproyavleniya Srednego i Yuzhnogo Timana [Diamond occurrences in the Middle and South Timan] / O. V. Grakova. – Syktyvkar, 2021. – 144 p.
5. Makeev, A. B. Novye perspektivy almazonosnosti Timana [New prospects for diamond potential in Timan] / A. B. Makeev, A. Ya. Rybalchenko, V. A. Dudar, V. G. Shemet'ko // Geologiya i mineralno-syryevye resursy evropeiskogo severo-vostoka Rossii : novye rezultaty i novye perspektivy [Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia : New Results and New Prospects] : Materials of XIII Geol. Congress of the Komi Republic. Vol. IV. – Syktyvkar, 1999. – P. 63–66.
6. Rybalchenko, A. Ya. Teoreticheskie osnovy prognozirovaniya i poiskov korenykh mestorozhdenii almazov tuffizitovogo tipa [Theoretical basis for forecasting and searching for primary deposits of tuffsite-type diamonds] / A. Ya. Rybalchenko, T. M. Rybalchenko, V. I. Silaev // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – Syktyvkar, 2011. – Iss. 1 (5). – P. 54–66.
7. Kuznetsov, N. B. Pervye rezultaty U/Pb-datirovaniya i izotopno-geokhimicheskogo izucheniya detritnykh tsirkonov iz pozdnedokembriiskikh peschanikov Yuzhnogo Timana (uval Dzhhezhim-Parma) [First results of U/Pb dating and isotope-geochemical study of detrital zircons from the Late Precambrian sandstones of the South Timan (Dzhhezhim-Parma Ridge)] / N. B. Kuznetsov, L. M. Natapov, E. A. Belousova, U. L. Griffin, S. O'Reilli [et al.] // Reports of the Academy of Sciences. – 2010. – Vol. 435, № 6. – P. 798–805.
8. Nikulova, N. Yu. Veshchestvennyi sostav i osobennosti formirovaniya metaosadochnykh porod fundamenta Vadyavozhskogo vystupa (Nemskaya vozvyshennost, Yuzhnyi Timan) [Material composition and formation particularities of metasedimentary rocks of the basement of the Vadyavozhsky Ledge (Nemskaya Upland, South Timan)] / N. Yu. Nikulova // Regionalnaya geologiya i metallogeniya [Regional Geology and Metallogeny]. – 2017. – № 69. – P. 23–32.
9. Kolesnikov, A. V. Biota ediakarskogo tipa v verkhnem dokembrii Timanskogo kryazha (vozvyshennost Dzhhezhim-Parma, respublika Komi) [Biota of the Ediacaran type in the Upper Precambrian of the Timan Ridge (Dzhhezhim-Parma Upland, Komi Republic)] / A. V. Kolesnikov, I. V. Latysheva, A. V. Shatsillo, N. B. Kuznetsov, A. S. Kolesnikov [et al.] // Reports of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences. – 2023. – Vol. 510, № 1. – P. 61–65. – DOI 10.31857/S2686739722602964.
10. Khubanov, V. B. U-Pb izotopnoe datirovanie tsirkonov iz PZ3-MZ magmaticheskikh kompleksov Zabaikalya metodom magnitno-sekturnoi mass-spektrometrii s lazernym probotooborom : protsedura opredeleniya i sopostavlenie s SHRIMP dannymi [U-Pb isotope dating of zircons from PZ3-MZ igneous complexes of Transbaikalia using magnetic sector mass spectrometry with laser sampling : determination procedure and comparison with SHRIMP data] / V. B. Khubanov, M. D. Buyantuev, A. A. Tsygankov // Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]. – 2016. – Vol. 57, № 1. – P. 241–258.
11. Pystin, A. M. U-Pb (LA-SF-ICP-MS) vozrast i veroyatnye istochniki snosa detritovykh tsirkonov iz terrigennykh otlozhenii verkhnego dokembriya Pripolyarnogo Urala [U-Pb (LA-SF-ICP-MS) age and probable sources of detrital zircons from terrigenous deposits of the Upper Precambrian of the Subpolar Urals] / A. M. Pystin, O. V. Grakova, Yu. I. Pystina, E. V. Kushmanova, K. S. Popvasev [et al.] // Litosfera [Lithosphere]. – 2022. – Vol. 22, № 6. – P. 741–760. – DOI 10.24930/1681-9004-2022-22-6-741-760.
12. Ulyasheva, N. S. Pervye rezul'taty U-Pb LA-SF-ICP-MS-datirovaniya detritovykh tsirkonov iz srednerifeiskikh (?) terrigennykh otlozhenii Polyarnogo Urala [First results of U-Pb LA-SF-ICP-MS dating of detrital zircons from Middle Riphean (?) terrigenous deposits of the Polar Urals] / N. S. Ulyasheva, Yu. I. Pystina, A. M. Pystin, O. V. Grakova, V. B. Khubanov // Reports of the Academy of Sciences. – 2019. – Vol. 485, № 4. – P. 488–492. – DOI 10.31857/S0869-56524854488-492.
13. Romanyuk, T. V. Pervye rezul'taty U/Pb LA-ICP-MS datirovaniya detritnykh tsirkonov iz verkhnerifeiskikh peschanikov Bashkirskogo antiklinoriya (Yuzhnyi Ural) [First results of U/Pb LA-ICP-MS dating of detrital zircons from Upper Riphean sandstones of the Bashkir anticlinorium (Southern Urals)] / T. V. Romanyuk, A. V. Maslov, N. B. Kuznetsov, E. A. Belousova, Yu. L. Ronkin [et al.] // Reports of the Academy of Sciences. – 2013. – Vol. 452, № 6. – P. 642. – DOI 10.7868/S0869565213310174.

14. Andreichev, V. L. U-Pb (LA-ICP-MS) возраст detritovykh tsirkonov iz metaosadochnykh porod osnovaniya verkhnedokembriiskogo razreza Severnogo Timana [U-Pb (LA-ICP-MS) age of detrital zircons from metasedimentary rocks of the basement of the Upper Precambrian section of the North Timan] / V. L. Andreichev, A. A. Soboleva, V. B. Khubanov, I. D. Sobolev // Bulletin of the Moscow Society of Natural Scientists. Geological Department]. – 2018. – Vol. 93, № 2. – P. 14–26.
15. Brusnitsyna, E. A. Rezul'taty issledovaniy U-Pb-izotopnogo vozrasta oblomochnykh tsirkonov iz sredne-verkhnereifeiskikh otlozhenii Chetlaskogo kamnya (Timanskoi gryady) [Study results of the U-Pb isotope age of detrital zircons from the Middle-Upper Riphean deposits of the Chetlas stone (Timan Ridge)] / E. A. Brusnitsyna, V. B. Ershova, A. K. Khudolei, T. Andersen // Problemy tektoniki i geodinamiki zemnoi kory i mantii [Issues of Tectonics and Geodynamics of the Earth's Crust and Mantle] : Materials of L Tectonic Meeting]. – Moscow : GEOS, 2018. – Vol. 2 – P. 384–388.
16. Latysheva, I. V., U-Pb возраст zeren detritovogo tsirkona iz oblomochnykh porod dzhezhimskoi svity (verkhnei dokembrii Yuzhnogo Timana) [U-Pb age of detrital zircon grains from clastic rocks of the Dzhezhim Formation (Upper Precambrian of South Timan)] / I. V. Latysheva, N. B. Kuznetsov, A. V. Shatsillo, A. V. Kolesnikov, A. V. Strashko [et al.] // Geodinamicheskaya evolyutsiya litosfery Tsentral'no-Aziatskogo podvizhnogo poyasa ot okeana k kontinentu [Geodynamic Evolution of the Lithosphere of the Central Asian Mobile Belt from Ocean to Continent] : Proceedings of the scientific conference. – Irkutsk : Institute of the Earth's Crust SB RAS, 2022. – Vol. 20. – P. 166–69.
17. Grakova, O. V. Geokhimiya vysokofosforistogo tsirkona iz verkhnereifeiskikh peschanikov Yuzhnogo Timana [Geochemistry of high-phosphorus zircon from Upper Riphean sandstones of the South Timan] / O. V. Grakova, S. G. Skublov, N. Yu. Nikulova, O. L. Galankina // Geokhimiya [Geochemistry]. – 2023. – Vol. 68, № 9. – P. 947–963. – DOI 10.31857/S0016752523090054.
18. Votyakov, S. L. Kristallokhimiya i fizika radiatsionno-termicheskikh effektiv v ryade U-Th-soderzhashchikh mineralov kak osnova dlya ikh khimicheskogo mikrozonirovaniya [Crystal chemistry and physics of radiation-thermal effects in a number of U-Th-containing minerals as a basis for their chemical microprobe dating] / S. L. Votyakov, Yu. V. Shchapova, V. V. Khiller. – Ekaterinburg : Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2011. – 336 p.
19. Pystin, A. M. Novye dannye o vozraste granitoidov Pripol'yarnogo Urala v svyazi s problemoi vydeleniya kozhimskoi srednerifeiskoi granit-riolitovoi formatsii [New data on the age of granitoids of the Subpolar Urals in view of the identification problem of the Kozhimsk Middle Riphean granite-rhyolite formation] / A. M. Pystin, Yu. I. Pystina // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – 2011. – № 4(8). – P. 73–78.
20. Romanyuk, T. V. Paleotektonicheskie i paleogeograficheskie obstanovki nakopleniya nizhnereifeiskoi aiskoi svity Bashkirkogo podnyatiya (Yuzhnyi Ural) na osnove izucheniya detritovykh tsirkonov metodom "TerraneChrono®" [Paleotectonic and paleogeographic settings of accumulation of the Lower Riphean Ai Formation of the Bashkir Uplift (Southern Urals) based on the study of detrital zircons by the TerraneChrono® method] / T. V. Romanyuk, N. B. Kuznetsov, E. A. Belousova, V. M. Gorozhanin, E. N. Gorozhanina // Geodinamika i tektonofizika [Geodynamics and Tectonophysics]. – 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 1–37. – DOI 10.5800/GT-2018-9-1-0335
21. Rubatto, D. Zircon trace element geochemistry : partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism / D. Rubatto // D Chem. Geol. – 2002. – Vol. 184. – P. 123–138.
22. Verma, S. P. New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins / S. P. Verma, J. S. Armstrong-Altrin // Chem. Geol. – 2013. – № 355. – P. 117–133.
23. Harrison, T. M. Temperature spectra of zircon crystallization in plutonic rocks / T. M. Harrison, E. B. Watson, A. B. Aikman // Geology. – 2007. – № 35 (7). – 635–638. – DOI 10.1130/G23505A.1.
24. Kaczmarek, M. A. Trace element chemistry and U-Pb dating of zircons from oceanic gabbros and their relationship with whole rock composition (Lanzo, Italian Alps) / M. A. Kaczmarek, O. Müntener, D. Rubatto // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2008. – № 155 (3). – P. 295–312. – DOI 10.1007/s00410-007-0243-3.
25. Kuznetsov, N. B. Pervye U/Pb-dannye o vozrastakh detritnykh tsirkonov iz peschanikov verkhnereifeiskoi takatinskoi svity Zapadnogo Urala (v svyazi s problemoi korennykh istochnikov ural'skikh almazonosnykh rossypei) [The first U/Pb data on the ages of detrital zircons from sandstones of the Upper Emsian Takatin Formation of the Western Urals (in view of the problem of the primary sources of the Ural diamond-bearing placers)] / N. B. Kuznetsov, T. V. Romanyuk, A. V. Shatsillo, S. Yu. Orlov, V. M. Gorozhanin [et al.] // Reports of the Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 455, № 4. – P. 427–432.
26. Bogdanova, S. V. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia / S. V. Bogdanova, B. Bingen, R. Gorbatshev, T. N. Kheraskova, V. I. Kozlov [et al.] // Precambrian Res. – 2008. – V. 160. – P. 23–45.
27. Slabunov, A. Geological review. Archean-Paleoproterozoic crustal evolution of the Belomorian Province (Fennoscandian Shield) and the tectonic position of eclogites / A. Slabunov, V. Balagansky, A. Shchipansky // Early Precambrian Eclogites of the Belomorian Province, Fennoscandian Shield. Field Guidebook. – Petrozavodsk, 2019. – P. 5–10.

Благодарность (госзадание)

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по темам НИР: «Глубинное строение, геодинамическая эволюция, взаимодействие геосфер, магматизм, метаморфизм и изотопная геохронология Тимано-Североуральского сегмента литосферы» (ГР № 122040600012-2) и «Осадочные формации: вещество, седиментация, литогенез, геохимия, индикаторы литогенеза, реконструкция осадконакопления» (ГР № 122040600013-9).

Acknowledgements (state task)

The work was carried out within the framework of the state task of the Institute of Geology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences on the research themes: "Deep structure, geodynamic evolution, interaction of geospheres, magmatism, metamorphism, and isotopic geochronology of the Timan-North Ural lithosphere segment" (state registration № 122040600012-2) and "Sediment formations: matter, sedimentation, lithogenesis, geochemistry, lithogenesis indicators, sedimentation reconstruction" (state registration № 122040600013-9).

Информация об авторах:

Гракова Оксана Васильевна – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; <https://orcid.org/0000-0001-5917-9218> (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: ovgrakova@geo.komisc.ru).

Никулова Наталия Юрьевна – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; <https://orcid.org/0000-0002-1511-6124> (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: Nikulova@geo.komisc.ru).

Хубанов Валентин Борисович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН; <https://orcid.org/0000-0001-5237-6614> (670047, Российская Федерация, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6а; e-mail: khubanov@mail.ru).

About the authors:

Oksana V. Grakova – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5917-9218> (54 Pervomayskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982; e-mail: ovgrakova@geo.komisc.ru).

Natalia Yu. Nikulova – Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-1511-6124> (54 Pervomayskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982; e-mail: Nikulova@geo.komisc.ru).

Valentin B. Khubanov – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Head of Laboratory, Geological Institute named after N. L. Dobretsov of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-5237-6614> (6a Sakhyanova st., Ulan-Ude, Russian Federation, 670047; e-mail: khubanov@mail.ru).

Для цитирования:

Гракова, О. В. U/Pb-возраст и источники сноса обломочного циркона из верхнерифейских песчаников Немской возвышенности (Южный Тиман) / О. В. Гракова, Н. Ю. Никулова, В. Б. Хубанов // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2024. – № 3 (69). – С. 76–86.

For citation:

Grakova, O. V. U/Pb-vozrast i istochniki snosa oblomochnogo cirkona iz verhnerrifejskih peschanikov Nemskoj vozvyshennosti (Yuzhnyj Timan) [U/Pb age and sources of detrital zircon from Upper Rhiphaean sandstones of the Nemskaaya Upland (South Timan)] / O. V. Grakova, N. Yu. Nikulova, V. B. Khubanov // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences". – 2024. – № 3 (69). – P. 76–86.

Дата поступления статьи: 04.03.2024

Прошла рецензирование: 31.03.2024

Принято решение о публикации: 27.03.2024

Received: 04.03.2024

Reviewed: 31.03.2024

Accepted: 27.03.2024