



УДК 550.93 (234.83)

ВОЗРАСТ МОНАЦИТОВ ЖИЛЬНОЙ СЕРИИ ЧЕТЛАСКОГО КОМПЛЕКСА (СРЕДНИЙ ТИМАН): Th-U-Pb-ДАННЫЕ



О. В. Удоратина¹, А. А. Вирюс², И. В. Козырева¹, И. В. Швецова¹, В. А. Капитанова¹

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
udoratina@geo.komisc.ru

²Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка
mukhanova@iem.ac.ru

Установлен возраст монацитов из пород жильной серии Новобобровского рудного поля (Средний Тиман). Полученные данные подтверждают, что породы жильной серии, несущие комплексную редкометалльно-редкоземельную минерализацию, близки по времени образования к вендским магматическим породам (пикритам и карбонатитам четласского комплекса), с которыми связаны генетически.

Ключевые слова: монацит, Th-U-Pb-метод, Средний Тиман.

Th-U-Pb-AGE OF MONAZITE VEIN SERIES OF CHETLASSKY COMPLEX (NOVOBOBROVSKOE ORE FIELD, MIDDLE TIMAN)

O. V. Udoratina¹, A. Viryus², I. V. Kozyreva¹, I. V. Shvetsova¹, V. A. Kapitanova¹

¹Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

²Institute of Experimental Mineralogy of RAS, Chernogolovka

The age for monazite (552 ± 31 Ma, Th-U-Pb, CHIME) from the rocks vein series of Novobobrovskoe ore field (Middle Timan) has been determined. These data confirm that the rock vein series, bearing complex rare-metal-rare earth mineralization (columbite, monazite, xenotime, rare earth carbonates), are close to the time of formation of Vendian magmatic rocks (picrites and carbonatites of the Chetlassky complex (Middle Timan)), which are genetically related.

Keywords: monazite, Th-U-Pb-method, Middle Timan.

Введение

В бассейнах рек Косью и Бобровая на Среднем Тимане вскрываются щелочно-ультраосновные породы и связанные с ними метасоматиты, маркирующие широтные разломы. Распространены пикриты, карбонатиты, разнопроявленные фениты, как меланократовые, так и лейкократовые, а также жильные образования [8, 9]. Четласский комплекс дайковых ультраосновных пород близок ранним и средним стадиям автономных пикрит-лампрофировых серий, ассоциирующихся с ультраосновными щелочными комплексами, и имеет свою специфику, связанную с отсутствием фельдшпатолитов и присутствием кимпикритов и

айликистов [5–6]. Комплексная редкометалльно-торий-редкоземельная минерализация в основном связана с породами жильной серии и рассматривается в ранге рудных полей (и участков). С юга на север это Щугорское → Мезенское (Мезенское и Нижнее Мезенское) → Косьюское (Косью) → Бобровское (Бобровское и Нижнее (Новое) Бобровское) → Октябрьское (Верхнее (Старое) Бобровское и Октябрьское). В таком же направлении убывает глубина вскрытия пород.

Изучены редкоземельные минералы гидротермально-метасоматических пород жильной серии карбонатитов, развитых в пределах Новобобровского участка (рис. 1).

Гидротермально-метасоматические породы (гетит-полевошпатовые и кварц-гетит-гематитовые), как и магматиты, приурочены к разломам северо-восточного заложения. Участки их локализации — это метасоматически преобразованные зоны вмещающих пород — фениты. В жилах редкометалльно-редкоземельные минералы образуют достаточно крупные выделения. Редкоземельные минералы представлены монацитом, ксенотимом, редкоземельными карбонатами [2, 10–12, 16].

Методы исследования

Кристаллы монацитов из пород жильной серии (авторские коллекции И. В. Швецовой, Б. А. Яцкевича) изу-

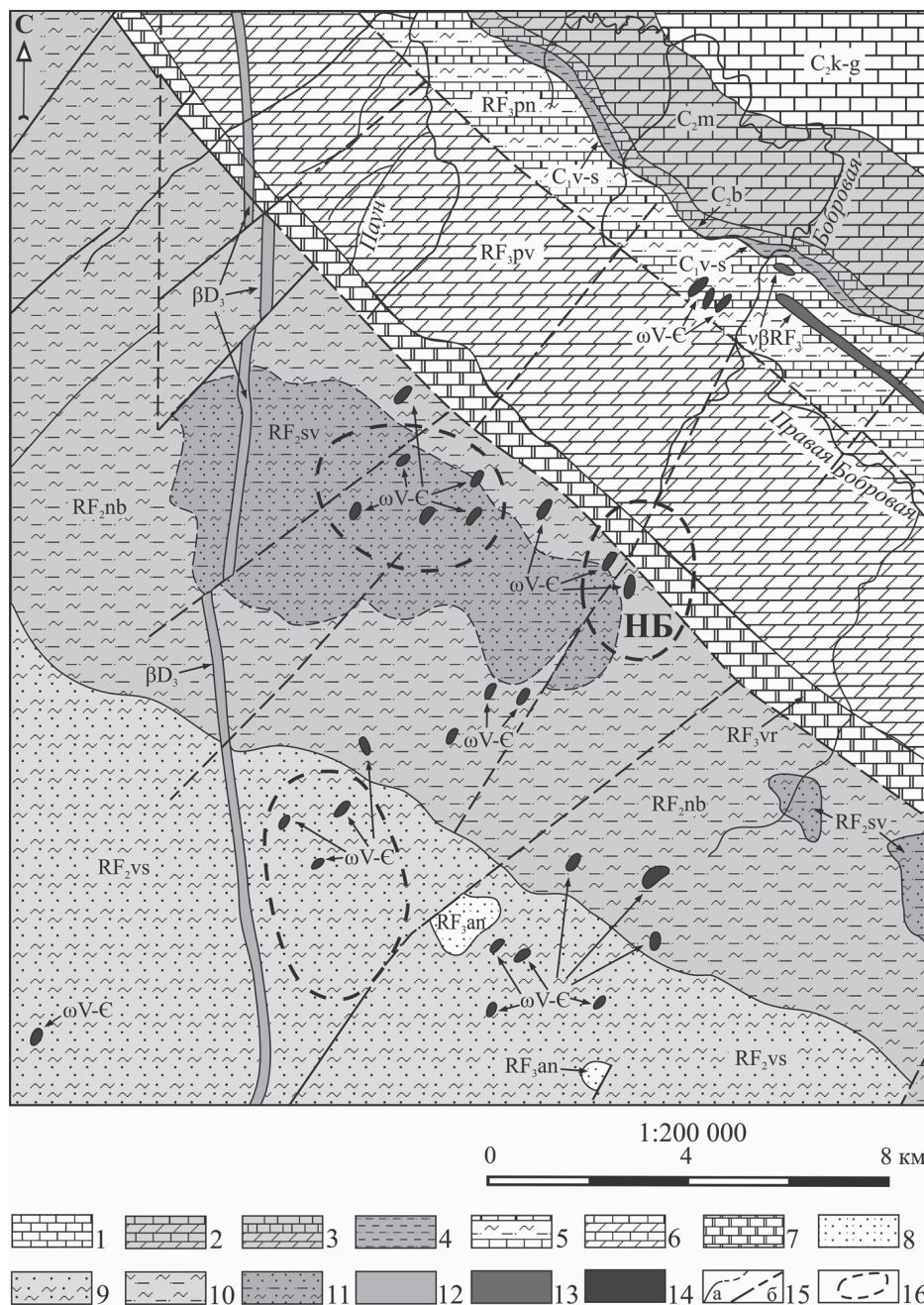


Рис. 1. Геологическая карта южной части Четласского Камня по материалам Ухтинской ГРЭ. Условные обозначения: 1 — C_2k-g касимовский — гжельский ярусы (известняки доломитизированные); 2 — C_2m московский ярус (известняки доломитизированные, известняки); 3 — C_2b башкирский ярус (известняки, доломитизированные известняки); 4 — C_1v-s визейский и серпуховский ярусы (аргиллиты, глины, алевролиты, известняки доломитизированные); 5 — RF_3pn паунская свита (сланцы, алевролиты, известняки, доломиты); 6 — RF_3pv павьюганская свита (доломиты, известняки); 7 — RF_3vr ворыквинская свита (доломиты, известняки, сланцы, мергели); 8 — RF_3an аныюгская свита (гравелиты, кварцитопесчаники, сланцы); 9 — RF_2vs визингская свита (кварцитопесчаники, сланцы, алевролиты, редко туффиты); 10 — RF_2nb новобобровская свита (сланцы, алевролиты); 11 — RF_2sv светлинская свита (кварцитопесчаники, алевролиты, сланцы, редко гравелиты); 12 — позднедевонские интрузии (базальты, долериты); 13 — позднерипейские интрузии (метабаза, метадиабазы, метагаббродиабазы); 14 — вендские или кембрийские интрузии (флогопит-пироксеновые пикриты, субщелочные оливиновые диабазы, кумулятивные дуниты, верлиты); 15 — а) — границы между разновозрастными образованиями (достоверные и предполагаемые), б) — тектонические контакты (достоверные и предполагаемые); 16 — области развития метасоматических пород с редкоземельно-редкометалльным оруденением. НБ — Новобобровское рудное поле

Fig. 1. Geological map of the southern part of Chetlassky Stone (materials of Ukhta GRE). Legend: 1 — S_2k-g kasimovsky-gzhel stages (dolomitic limestone); 2 — C_2m moscow stage (dolomitic limestone, limestone); 3 — C_2b bashkirian (limestone, dolomite limestone); 4 — C_1v-s visean tiers and serpukhov (argillites, clay, siltstone, dolomitic limestone); 5 — RF_3pn paunskaya formation (shale, siltstone, limestone, dolomite); 6 — RF_3pv pavyuganskaya formation (dolomite, limestone); 7 — RF_3vr vorykvinskaya formation (dolomite, limestone, shale, marl); 8 — RF_3an anyugskaya formation (grits, quartzite, sandstone, shale); 9 — RF_2vs vizinskaya formation (quartzite-sandstones, shales, siltstones, rarely tuffites); 10 — RF_2nb novobobrovskaya formation (shale, siltstone); 11 — RF_2sv svetlinskoye formation (quartzite, sandstone, siltstone, shale, rare grits); 12 — late devonian intrusions (basalt, dolerite); 13 — late riphean intrusion (metabasalts, metadiabases, metagabbrodiabazy); 14 — vendian and cambrian intrusion (phlogopite-pyroxene picrites, sub-alkaline olivine diabase, kumulativnye dunite, wehrlites); 15 — a) — boundaries between different age formations reliable and expected, b) — tectonic contacts reliable and prospective; 16 — development of metasomatic rocks with rare-earth-rare metal mineralization. NB — Novobobrovskoe ore field



чены на сканирующем электронном микроскопе JSM-6400 с энергодисперсионным спектрометром ISIS Link и волновым спектрометром Microspec в ИГ Коми НЦ УрО РАН; для датирования выбрана проба № 460.

Для получения катодolumиесцентных изображений монофракция циркона интегрировалась в эпоксидную шашку и исследовалась в центре SUMAC Стэнфордского университета и Геологической службы США на сканирующем электронном микроскопе Jeol 5600.

Кристаллы и зерна монацита для геохронологических исследований были нанесены на двусторонний скотч,

анализ выполняли в ИЭМ РАН (г. Черноголовка) на растровом электронном микроскопе Tescan Vega II XMU с энергодисперсионным (INCAx-sight) и волновым (INCA wave 700) рентгеновскими спектрометрами при ускоряющем напряжении 20 кВ; ток зонда 200 нА, угол отбора рентгеновского излучения 35°. Th, U, Pb в монацитах определяли с помощью волнового спектрометра.

Возраст минералов рассчитывали методом CHIME (chemical Th—U-total Pb isochron method) [15] по результатам электронно-зондового рентгено-спектрального определения Th, U, Pb. Для построения изохроны использовали программу Isoplot 3.66 [14].

Результаты

Монацит образует кристаллы и наблюдается в виде мелких включений в различных минералах (рис. 2, а, б). Кристаллы моноклинной сингонии имеют пинакоидальный облик, уплощены по {100}, спайность совершенная по {001}, окраска желто-коричневая. Для монацитов характерен гетеровалентный изоморфизм с Th, ($2\text{Ce}^{3+}\text{P}^{5+} \leftrightarrow \text{Th}^{4+}\text{Si}^{4+}(\text{Th}[\text{SiO}_4])$). Монацит наблюдается нередко в сростании с торитом (рис. 2, в, г) и имеет скрытую зональность (рис. 1, д, е), обусловленную неравномерным распределением элементов.

Монацит, встречающийся в жилах и ассоциирующий с Mn-колумбитом, содержит (мас. %): La_2O_3 на уровне 8, Ce_2O_3 — 26—28, Nd_2O_3 — 16—18, ThO_2 на уровне 5 (рис. 3). Таким образом, в монаците резко преобладает церий, наблюдается высокое содержание неодима и постоянное присутствие тория, а вот содержание стронция значительно варьирует в составе даже одного зерна.

Изученные монациты жильной серии отличаются от таковых в карбонатах. По данным Н. С. Ковальчук с соавторами [3—4], монациты из карбонатов на микроуровне образуют различные выделения в виде мелких зерен размером несколько мкм, формируют различные агрегаты и наблюдаются в различных минеральных ассоциациях. По химическому составу они подразделены на три группы по преобладающему катиону: 1 тип ($\text{La}_2\text{O}_3 \geq \text{Ce}_2\text{O}_3$), 2 тип ($\text{La}_2\text{O}_3 = \text{Ce}_2\text{O}_3$), 3 тип ($\text{Ce}_2\text{O}_3 > \text{La}_2\text{O}_3$). Наблюдаемый рой точек (рис. 3) исследуемых монацитов (полностью) и поле точек составов монацитов из карбонатов (частично) перекрываются полем составов монацитов из россыпи Ичетью [5]. Предположительно монациты из карбонатов и кварц-гетитовых жил размывались и накапливались в россыпи.

Нами проведено определение возраста монацитов из жил Новобобровского рудного поля (см. таблицу). Значения точечных Th—U—Pb-возрастов монацитов лежат в интервале 450—600 млн лет, погрешность определения (по 2σ -критерию) порядка ± 92 млн лет. Средневзвешенная величина точечного Th—U—Pb-возраста монацитов составила (527 ± 12) млн лет (рис. 4, а). Возраст монацитов, полученный методом построения изохроны $\text{ThO}_2^* - \text{PbO}$, составил (552 ± 31) млн лет (рис. 4, б). Полученные значения абсолютного датиро-

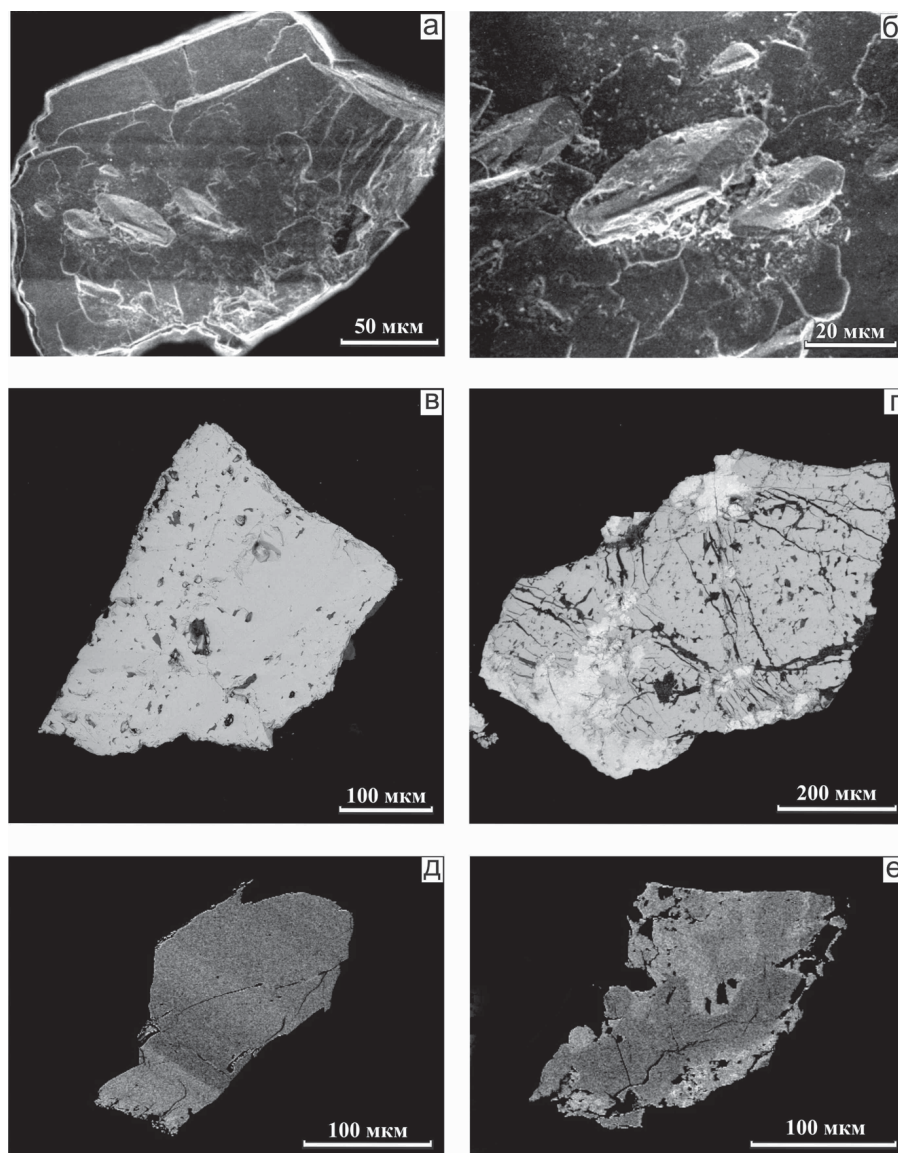


Рис. 2. Монацит, изображения во вторичных электронах: а — пластинчатый кристалл, б — ромбоэдрические субиндивиды второй генерации на пинакоиде пластинчатого кристалла (деталь а), в—г — примеры проанализированных зерен в упругоотраженных электронах (г — светлое — торит), д—е — катодolumиесцентные изображения зональности в монацитах

Fig. 2. Monazite in secondary electron images: а — lamellar crystals, б — a detail, see the rhombohedral subindividuals of the second generation on pinacoid of crystal plate, в—г — examples of grains analyzed in elastically scattered electrons (г — light — torite), д—е — cathodoluminescent imaging of zoning in monazite

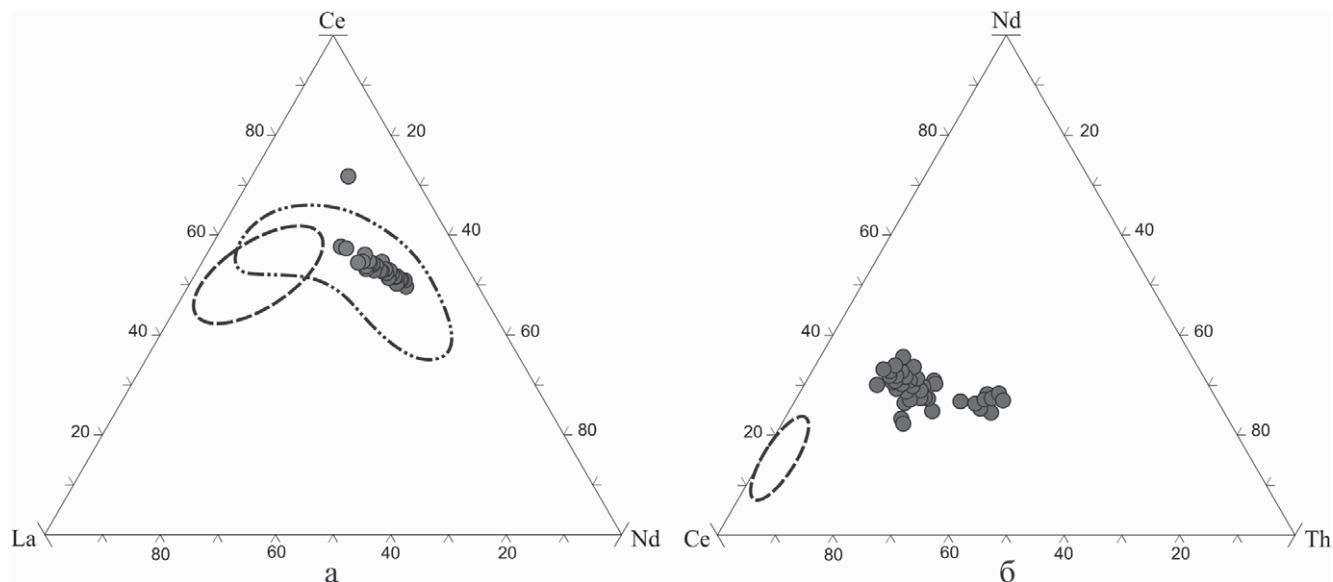


Рис. 3. Диаграмма La–Ce–Nd и Ce–Nd–Th для исследованных монацитов. Поля, выделенные пунктирной линией, — монациты карбонатитов [3, 4], штрих-пунктирная линия — монациты из россыпи Ичетью [5]

Fig. 3. Diagram of La–Ce–Nd and Ce–Nd–Th for the studied monazite. Fields highlighted with a dotted line — monazite carbonatites [3, 4], dash-dot line — from monazite Ichetu placer [5]

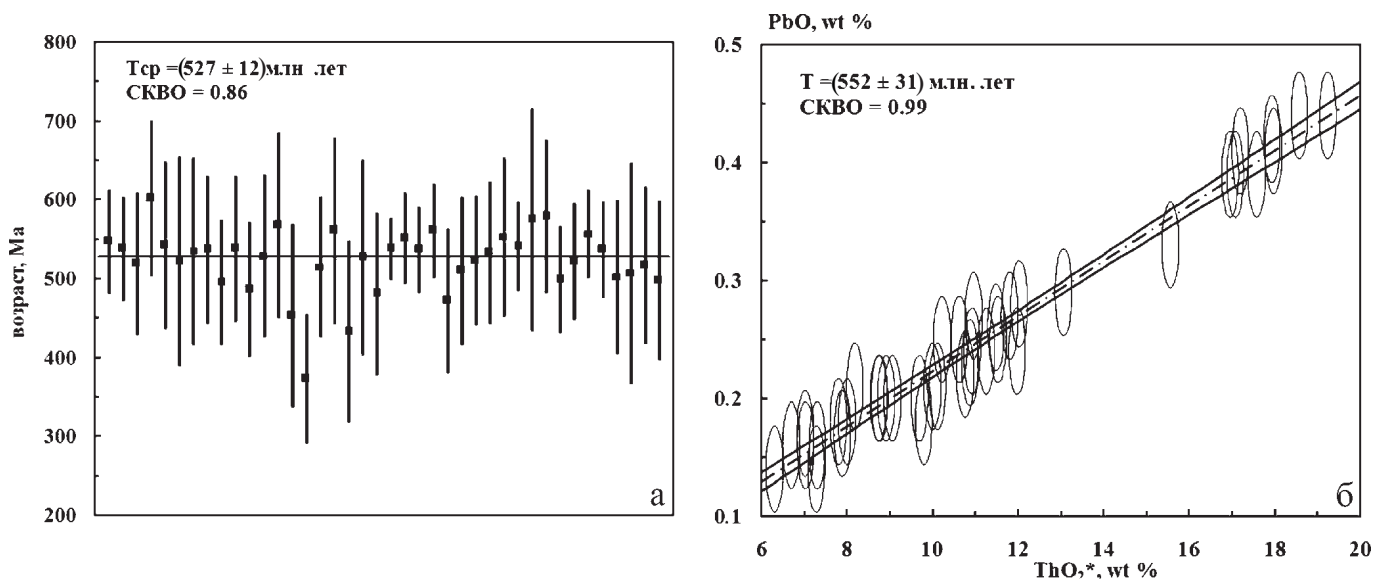


Рис. 4. Геохронологические данные по монацитам (обр. 460): а — разброс значений точечных Th–U–Pb-возрастов и их средне-взвешенная величина; б — ThO₂*–PbO-изохрона. Эллипсы — значения погрешности 2σ при электронно-зондовом определении Th, U, Pb, штрих-пунктир — линия регрессии (изохроны) с двумя симметричными гиперболами, фиксирующими погрешности

Fig. 4. Geochronological data on monazite (samle. 460): а — variations in the point Th–U–Pb-ages and their weighted average; б — ThO₂*–PbO-isochrone. Ellipses — error values 2σ with electron microprobe determination of Th, U, Pb, dot-dash — regression line (isochrones) with two symmetrical hyperboles, fixing errors

вания имеют относительно большую погрешность, что связано как с неоднородным составом монацитов, так и с особенностями выбранного метода.

Выводы

Согласно К–Аг-данным В. Л. Андрищева и В. И. Степаненко [1], магматические породы (пикриты и карбонатиты) характеризуются широким разбросом цифр абсолютного возраста от 660 до 555 млн лет. Принятый возраст

формирования пород комплекса, установленный статистическим и изохронным методом, — (600 ± 15(30) млн лет. Полученный нами Аг–Аг-возраст по флогопиту из щелочных пикритов ранневендский, составляет (598.1 ± ± 6.2) млн лет [13] и также подтверждает плюмовый импульс [8] на окраине Восточно-Европейского континента. Полученные данные по монацитам (552 ± 31) млн лет имеют с учетом погрешности раннепоздневендский возраст. Таким образом, породы жильной

серии, несущие минерализацию, сформированы позже пикритов, но, как мы полагаем, связаны с ними и комплексом карбонатитов генетически.

Имеющиеся геохронологические данные по монацитам россыпи Ичетью (Средний Тиман) получены также методом СИМЕ [5], авторами выделено не менее трех коренных источников сноса для формирования россыпи, возрасты отличаются от полученных нами.



Результаты исследований монацитов (обр. 460)

Results of monazite studies (sample 460)

№	ThO ₂ *	PbO	Возраст, млн лет	Формулы монацитов
1	12.02	0.28	547	$(Ce_{0.37}Nd_{0.23}Th_{0.11}La_{0.10}Pr_{0.05}Sm_{0.04}Ca_{0.03}Gd_{0.01}Tb_{0.01}Dy_{0.01}Eu_{0.01}Lu_{0.01}Pb_{0.01}U_{0.01})_{1.00} \times (P_{0.97}Si_{0.03})_{1.00}O_4$
3	11.80	0.27	538	$(Ce_{0.38}Nd_{0.24}Th_{0.11}La_{0.11}Pr_{0.05}Sm_{0.05}Ca_{0.03}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Dy_{0.01}Pb_{0.01}U_{0.01})_{1.03} \times (P_{0.96}Si_{0.02})_{0.98}O_4$
4	9.06	0.20	519	$(Ce_{0.38}Nd_{0.25}La_{0.10}Th_{0.08}Pr_{0.06}Sm_{0.06}Ca_{0.03}Gd_{0.02}Dy_{0.02}Tb_{0.01}Eu_{0.01}Yb_{0.01}Pb_{0.01}U_{0.01})_{1.05} \times (P_{0.98}Si_{0.01})_{0.98}O_4$
8	8.18	0.21	602	$(Ce_{0.40}Nd_{0.25}La_{0.11}Th_{0.07}Pr_{0.06}Sm_{0.05}Ca_{0.04}Gd_{0.01}Dy_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.002}Lu_{0.002}Pb_{0.002}Yb_{0.001}U_{0.001})_{1.02} \times P_{0.99}O_4$
9	7.80	0.18	542	$(Ce_{0.40}Nd_{0.23}La_{0.12}Th_{0.07}Pr_{0.06}Sm_{0.05}Ca_{0.03}Dy_{0.02}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.003}Pb_{0.002}U_{0.001})_{1.01} \times (P_{0.98}Si_{0.004})_{0.98}O_4$
10	6.30	0.14	522	$(Ce_{0.41}Nd_{0.24}La_{0.12}Pr_{0.06}Th_{0.06}Sm_{0.04}Ca_{0.02}Dy_{0.01}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Lu_{0.001}Pb_{0.001}U_{0.001})_{0.99} \times (P_{0.98}Si_{0.01})_{0.99}O_4$
12	7.03	0.16	535	$(Ce_{0.40}Nd_{0.23}La_{0.12}Th_{0.06}Sm_{0.05}Pr_{0.05}Ca_{0.03}Gd_{0.02}Eu_{0.02}Dy_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.002}Lu_{0.001}U_{0.0002})_{1.00} \times (P_{0.98}Si_{0.01})_{0.99}O_4$
13	8.75	0.20	537	$(Ce_{0.40}Nd_{0.24}La_{0.11}Th_{0.08}Pr_{0.05}Sm_{0.05}Ca_{0.03}Dy_{0.02}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.002}U_{0.001})_{1.01} \times (P_{0.98}Si_{0.01})_{0.99}O_4$
14	9.99	0.21	495	$(Ce_{0.39}Nd_{0.22}La_{0.11}Th_{0.09}Pr_{0.05}Sm_{0.04}Ca_{0.04}Dy_{0.03}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.002}U_{0.001})_{1.00}P_{1.00}O_4$
15	8.74	0.20	538	$(Ce_{0.40}Nd_{0.22}La_{0.10}Th_{0.08}Pr_{0.06}Sm_{0.04}Ca_{0.04}Gd_{0.02}Dy_{0.02}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.002}U_{0.001})_{1.00}P_{0.99}O_4$
16	9.69	0.20	486	$(Ce_{0.40}Nd_{0.23}La_{0.11}Th_{0.08}Pr_{0.05}Ca_{0.04}Sm_{0.02}Eu_{0.02}Gd_{0.01}Lu_{0.004}Pb_{0.002}U_{0.001})_{0.97} \times (P_{1.02}Si_{0.01})_{1.03}O_4$
17	8.00	0.18	529	$(Ce_{0.40}Nd_{0.22}La_{0.12}Ca_{0.07}Th_{0.07}Pr_{0.05}Sm_{0.03}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.002}Lu_{0.001}U_{0.001})_{0.99}P_{0.99}O_4$
18	7.02	0.17	568	$(Ce_{0.40}Nd_{0.24}La_{0.11}Th_{0.06}Pr_{0.05}Ca_{0.04}Sm_{0.04}Gd_{0.02}Eu_{0.01}Dy_{0.01}Tb_{0.005}Lu_{0.004}Pb_{0.002}U_{0.001}Yb_{0.0005})_{0.99}P_{1.00}O_4$
19	7.28	0.14	453	$(Ce_{0.37}Nd_{0.26}La_{0.10}Sm_{0.07}Th_{0.06}Pr_{0.06}Ca_{0.02}Dy_{0.02}Gd_{0.02}Eu_{0.02}Tb_{0.003}Pb_{0.001}U_{0.001})_{1.01} \times (P_{0.97}Si_{0.01})_{0.98}O_4$
20	10.11	0.21	373	$(Ce_{0.38}Nd_{0.23}La_{0.10}Th_{0.09}Pr_{0.06}Ca_{0.05}Sm_{0.04}Gd_{0.02}Eu_{0.01}Pb_{0.002}Dy_{0.001}U_{0.001})_{0.98} \times (P_{0.99}Si_{0.02})_{1.01}O_4$
21	7.30	0.16	515	$(Ce_{0.40}Nd_{0.25}La_{0.10}Th_{0.06}Pr_{0.06}Sm_{0.05}Ca_{0.04}Gd_{0.02}Eu_{0.02}Yb_{0.002}Pb_{0.002}U_{0.001})_{0.95} \times (P_{0.98}Si_{0.01})_{0.99}O_4$
22	6.70	0.16	561	$(Ce_{0.43}Nd_{0.22}La_{0.13}Th_{0.06}Pr_{0.05}Ca_{0.03}Sm_{0.03}Eu_{0.01}Gd_{0.01}Dy_{0.01}Tb_{0.004}Pb_{0.002}U_{0.001})_{0.99}P_{1.02}O_4$
23	9.79	0.18	433	$(Ce_{0.40}Nd_{0.21}La_{0.13}Th_{0.08}Pr_{0.05}Ca_{0.04}Sm_{0.03}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Dy_{0.005}Tb_{0.004}Pb_{0.002}U_{0.001})_{0.97} \times (P_{1.00}Si_{0.03})_{1.03}O_4$
24	8.91	0.20	527	$(Ce_{0.41}Nd_{0.22}La_{0.12}Th_{0.08}Pr_{0.05}Ca_{0.05}Sm_{0.02}Dy_{0.01}Eu_{0.004}Yb_{0.004}Gd_{0.001}Pb_{0.002}U_{0.001})_{0.97}P_{1.02}O_4$
25	10.75	0.22	481	$(Ce_{0.40}Nd_{0.20}La_{0.13}Th_{0.09}Ca_{0.05}Pr_{0.04}Sm_{0.03}Gd_{0.005}Lu_{0.004}Eu_{0.003}Pb_{0.002}U_{0.002})_{0.96} \times (P_{1.02}Si_{0.02})_{1.04}O_4$
26	19.23	0.44	538	$(Ce_{0.28}Nd_{0.20}Th_{0.16}Ca_{0.14}La_{0.07}Pr_{0.05}Sm_{0.04}Gd_{0.01}Dy_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.005}U_{0.002})_{0.98}P_{1.03}O_4$
27	17.92	0.42	551	$(Ce_{0.29}Nd_{0.20}Th_{0.15}Ca_{0.13}La_{0.07}Pr_{0.04}Sm_{0.04}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Dy_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.004}U_{0.002})_{0.97}P_{1.03}O_4$
28	17.96	0.41	537	$(Ce_{0.27}Nd_{0.20}Ca_{0.15}Th_{0.15}La_{0.07}Sm_{0.05}Pr_{0.04}Dy_{0.01}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.003}Yb_{0.003}Pb_{0.004}Lu_{0.002}U_{0.002})_{0.97}P_{1.03}O_4$
29	17.18	0.41	561	$(Ce_{0.30}Nd_{0.20}Th_{0.15}Ca_{0.12}La_{0.07}Sm_{0.05}Pr_{0.04}Dy_{0.01}Eu_{0.01}Gd_{0.001}Tb_{0.001}Yb_{0.004}Pb_{0.004}Lu_{0.001}U_{0.002})_{0.96}P_{1.03}O_4$
30	11.97	0.24	472	$(Ce_{0.38}Nd_{0.20}La_{0.12}Th_{0.10}Pr_{0.05}Ca_{0.04}Sm_{0.03}Gd_{0.01}Dy_{0.01}Eu_{0.01}Lu_{0.01}Tb_{0.01}Yb_{0.005}Pb_{0.003}U_{0.001})_{0.98} \times (P_{1.00}Si_{0.01})_{1.01}O_4$
31	11.52	0.25	510	$(Ce_{0.37}Nd_{0.20}La_{0.11}Th_{0.10}Pr_{0.05}Ca_{0.04}Sm_{0.04}Dy_{0.02}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Lu_{0.003}Pb_{0.003}Yb_{0.001}U_{0.001})_{0.97} \times (P_{1.00}Si_{0.02})_{1.02}O_4$
32	13.05	0.29	523	$(Ce_{0.37}Nd_{0.18}La_{0.13}Th_{0.11}Ca_{0.05}Pr_{0.04}Sm_{0.03}Dy_{0.01}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.003}U_{0.001})_{0.96}P_{1.04}O_4$
33	11.48	0.26	533	$(Ce_{0.38}Nd_{0.20}La_{0.12}Th_{0.10}Ca_{0.06}Pr_{0.05}Sm_{0.03}Eu_{0.03}Gd_{0.01}Pb_{0.003}Dy_{0.001}U_{0.001})_{0.98}P_{1.03}O_4$
34	10.62	0.25	553	$(Ce_{0.42}Nd_{0.17}La_{0.14}Th_{0.09}Ca_{0.05}Pr_{0.05}Sm_{0.02}Gd_{0.01}Tb_{0.01}Eu_{0.01}Pb_{0.003}Dy_{0.001}U_{0.001})_{0.98}P_{1.03}O_4$
35	16.95	0.39	541	$(Ce_{0.29}Nd_{0.20}Th_{0.14}Ca_{0.14}La_{0.07}Sm_{0.05}Pr_{0.04}Dy_{0.01}Eu_{0.01}Gd_{0.01}Tb_{0.002}Yb_{0.004}Pb_{0.004}Lu_{0.003}U_{0.002})_{0.97}P_{1.02}O_4$
36	10.21	0.25	575	$(Ce_{0.41}Nd_{0.19}La_{0.12}Th_{0.09}Pr_{0.05}Ca_{0.05}Sm_{0.02}Dy_{0.01}Gd_{0.01}Tb_{0.003}Pb_{0.003}U_{0.001}Lu_{0.001})_{0.96}P_{1.03}O_4$
37	10.96	0.27	579	$(Ce_{0.41}Nd_{0.16}La_{0.14}Th_{0.09}Ca_{0.06}Pr_{0.05}Sm_{0.02}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Dy_{0.005}Tb_{0.004}Pb_{0.003}Yb_{0.001}U_{0.001}Lu_{0.001})_{0.97}P_{1.03}O_4$
38	15.55	0.33	499	$(Ce_{0.34}Nd_{0.20}Th_{0.13}La_{0.09}Ca_{0.08}Pr_{0.05}Sm_{0.04}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Dy_{0.007}Tb_{0.006}Pb_{0.004}U_{0.002})_{0.97}P_{1.02}O_4$
39	17.56	0.39	522	$(Ce_{0.31}Nd_{0.18}Th_{0.15}Ca_{0.12}La_{0.09}Pr_{0.04}Sm_{0.03}Dy_{0.01}Gd_{0.01}Tb_{0.007}Eu_{0.006}Pb_{0.004}U_{0.002}Lu_{0.001})_{0.96}P_{1.04}O_4$
40	18.56	0.44	557	$(Ce_{0.29}Nd_{0.17}Th_{0.16}Ca_{0.15}La_{0.08}Sm_{0.04}Pr_{0.03}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Dy_{0.004}Pb_{0.004}Tb_{0.002}U_{0.002}Yb_{0.0005}Lu_{0.0005})_{0.95}P_{1.04}O_4$
41	17.07	0.39	537	$(Ce_{0.32}Nd_{0.19}Th_{0.14}Ca_{0.12}La_{0.09}Pr_{0.05}Sm_{0.03}Gd_{0.01}Pb_{0.004}Eu_{0.003}U_{0.002}Tb_{0.0005})_{0.96}P_{1.04}O_4$
42	11.25	0.24	502	$(Ce_{0.37}Nd_{0.22}La_{0.10}Th_{0.10}Ca_{0.07}Pr_{0.05}Sm_{0.03}Dy_{0.01}Gd_{0.005}Tb_{0.004}Pb_{0.003}U_{0.001})_{0.96}P_{1.04}O_4$
43	7.89	0.17	507	$(Ce_{0.40}Nd_{0.22}La_{0.12}Th_{0.07}Pr_{0.05}Ca_{0.05}Sm_{0.03}Dy_{0.01}Gd_{0.01}Eu_{0.01}Tb_{0.01}Pb_{0.002}U_{0.001})_{0.98}P_{1.01}O_4$
44	10.92	0.24	517	$(Ce_{0.37}Nd_{0.21}La_{0.11}Th_{0.09}Ca_{0.06}Pr_{0.06}Sm_{0.03}Eu_{0.01}Gd_{0.01}Tb_{0.006}Dy_{0.005}Pb_{0.003}U_{0.001})_{0.96}P_{1.03}O_4$
45	10.87	0.23	498	$(Ce_{0.37}Nd_{0.21}La_{0.11}Th_{0.09}Ca_{0.06}Pr_{0.05}Sm_{0.03}Dy_{0.01}Lu_{0.01}Gd_{0.007}Yb_{0.004}Eu_{0.003}Pb_{0.002}Tb_{0.002}U_{0.001})_{0.96}P_{1.03}O_4$
552±31 млн лет				

Примечание. ThO₂* — пересчитанный ThO₂ с учетом содержания урана.Note. ThO₂* — ThO₂ recalculated taking into account the content of uranium.



Работа проводится в рамках проекта 15-18-5-46 «Минерогения севера Урала и Тимана в связи с закономерностями их геологического развития, основные эпохи рудообразования».

Литература

1. Андреев В. Л., Степаненко В. И. Возраст карбонатитового комплекса Среднего Тимана // Рудообразование и магматизм севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1983. С. 83—87. (Тр. Ин-та геологии Коми филиала АН СССР. Вып. 41). 2. Ивсен Ю. П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. М.; Л.: Наука, 1964. 126 с. 3. Ковальчук Н. С., Шумилова Т. Г., Козырева И. В. Морфология и особенности химического состава монацита в карбонатитах Косьюского массива (Средний Тиман) // Известия Коми НЦ УрО РАН. № 1(5). 2011. С. 49—53. 4. Ковальчук Н. С., Шумилова Т. Г., Степаненко В. И. Редкоземельная минерализация в карбонатитах Косьюского массива (Средний Тиман) // ЗРМО. № 3. 2013. С. 109—132. 5. Макеев А. Б., Вирюс А. А. Монацит проявления Ичетью (состав, морфология, возраст) // Изв. высш. учеб. зав. Геология и разведка. 2013. № 3. С. 10—15. 6. Недосекова И. Л., Владыкин Н. В., Удоратина О. В., Ронкин Ю. Л. Карбонатиты четласского комплекса (Средний Тиман): геохимические и изотопные данные // Ежегодник-2012: Тр. ИГГ УрО РАН, Вып. 160, 2013. С. 150—158. 7. Недосекова И. Л., Удоратина О. В., Владыкин Н. В., Прибавкин С. В., Гуляева Т. Я. Петрохимия и геохимия дайковых ультрабазитов и карбонатитов Четласского комплекса (Средний Тиман) // Ежегодник-2010: Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158. 2011. С. 122—130. 8. Степаненко В. И. Позднепротерозойский магматизм северо-восточной окраины Восточно-Европейской платформы // Тектоника и геодинамика континентальной и океанической литосферы: общие и региональные аспекты: Материалы XLVII Тектонического совещ. М.: GEOS, 2015. Т. II. С. 188—191. 9. Степаненко В. И. Щелочные пикриты Среднего Тимана // Геология магматических образований севера Урала и Тимана. Сыктывкар, 1984. С. 3—15. (Тр. Ин-та геологии Коми филиала АН СССР. Вып. 48). 10. Степаненко В. И. Особенности геологического строения и состава карбонатитового комплекса Среднего Тимана // Труды Ин-та геологии Коми филиала АН СССР. 1979. Вып. 29. С. 52—61. 11. Удоратина О. В., Вирюс А., Козырева И. В., Швецова И. В., Капитанова В. А. Монацит гидротермально-метасоматических пород (Новобобровское рудное поле, Средний Тиман) // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии: Материалы минералогического семинара с международ. участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2013. С. 275—277. 12. Удоратина О. В., Козырева И. В., Швецова И. В., Капитанова В. А., Филиппов В. Н. Особенности редкометальной акцессорной минерализация жильной серии карбонатитов (рудное поле Косью, Средний Тиман) // Кристаллическое и твердое некристаллическое состояние минерального вещества: Минералогическая кристаллография. Сыктывкар, 2012. С. 331—333. 13. Удоратина О. В., Травин А. В. Щелочные пикриты четласского комплекса Среднего Тимана: Ag-Ag-данные // Рудный потенциал щелочного, кимберлитового и карбонатитового магматизма: Материалы 30-й Международной конференции. Анталия—Москва, 2014. С. 82—84. 14. Ludwig K. R. User's manual for ISOPLOT/EX, version 2. Ageochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center: Spec. Publ. № 1a. 1999. 120 p. 15. Suzuki, K., Adachi, M. The chemical Th-U-total Pb isochron ages of zircon and monazite from the gray granite of the Hida Terrane, Japan. The Journal of Earth and Planetary Sciences, 1991. Vol. 38. Nagoya University. Pp. 11—38. 16. Udoratina O. V., Kozyreva I. V., Shvetsova I. V., Nedosekova I. L., Kapitanova V. A. Peculiar features of accessory mineralization of vein series of carbonatites from Chetlassky complex (Middle Timan) // Geochemistry of magmatic rocks. XXIX International conference. Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism. Skool «Geochemistry of alkaline rocks». Sudak-Moscow, 2012. P. 116—118. 17. Ivensen Y. P. Magmatizm Timana i poluostrova Kanin (Magmatism of Timan and Kanin Peninsula). Moscow-Leningrad: Science, 1964, 126 p. 18. Kovalchuk N. S., Shumilova T. G., Kozyreva I. V. Morfologiya i osobennosti himicheskogo sostava monatsita v karbonatitah Kosyuskogo massiva (Srednii Timan) (Morphology and chemical composition of monazite in carbonatites of Kosyuskogo massif (Middle Timan)). Proceedings of Komi Science Centre. No. 1 (5), 2011, pp. 49—53. 19. Kovalchuk N. S., Shumilova T. G., Stepanenko V. I. Redkozemel'naya mineralizatsiya v karbonatitah Kosyuskogo massiva (Srednii Timan) (Rare earth mineralization in carbonatites of Kosyuskogo massif (Middle Timan)). Notes of RMS, No. 3, 2013, pp. 109—132. 20. Makeev A. B., Viryus A. A. Monatsit proyavleniya Ichet'yu (sostav, morfologiya, vozrast) (Ichetu Monazite (composition, morphology, age)). Math. Executive. Proc. Head. Geology and Exploration, 2013, No 3, pp. 10—15. 21. Nedosekova I. L., Vladyskin N. V., Udoratina O. V., Ronkin Y. L. Karbonatity chetlaskkogo kompleksa (Srednii Timan): geohimicheskie i izotopnye dannye (Carbonatites of Chetlassky complex (Middle Timan): geochemical and isotopic data). Yearbook 2012, Tr. IGG UB RAS, Vol. 160, 2013, pp. 150—158. 22. Nedosekova I. L., Udoratina O. V., Vladyskin N. V., Pribavkina C. V., Gulyaev T. Y. Petrohimiya i geohimiya daikovyyh ul'trabazitov i karbonatitov Chetlaskkogo kompleksa (Srednii Timan) (Petrochemistry and geochemistry of ultramafic dyke and carbonatite complex Chetlassky (Middle Timan)). Yearbook 2010, Tr. IGG UB RAS, Vol. 158, 2011, pp. 122—130. 23. Stepanenko V. I. Pozdneproterozoi-skii magmatizm severo-vostochnoi okrainy Vostochno-Evropeiskoi platform (Late Proterozoic magmatism north-eastern margin of the East European Platform). Tektonika i geodinamika kontinentalnoi i okeanicheskoi litosfery: obshchie i regionalnye aspekty (Tectonics and Geodynamics of continental and oceanic lithosphere: general and regional aspects). Proceedings of XLVII Tectonic conference. Volume 2, Moscow: GEOS, 2015, pp. 188—191. ISBN 978-5-89118-693-4. 24. Stepanenko V. I. Shelochnye pikrity Srednego Timana (Alkaline picrites of Middle Timan). Geologiya magmaticheskikh obrazovaniy severa Urala i Timana (Geology magmatic formations of Northern Urals and Timan). Syktyvkar, 1984, pp. 3—15. (Tr. Inst Geology, Komi Branch, USSR Academy of Sciences. Vol. 41).

References

1. Andreichev V. L., Stepanenko V. I. Vozrast karbonatitovogo kompleksa Srednego Timana (Age of carbonatite complex of Middle Timan). Rudoobrazovanie i magmatizm severa Urala i Timana (Mineralization and magmatism of the Northern Urals and Timan). Syktyvkar, 1983, pp. 83—87. (Tr. Inst Geology, Komi Branch, USSR Academy of Sciences. Vol.

- 41). 2. Ivensen Y. P. Magmatizm Timana i poluostrova Kanin (Magmatism of Timan and Kanin Peninsula). Moscow-Leningrad: Science, 1964, 126 p. 3. Kovalchuk N. S., Shumilova T. G., Kozyreva I. V. Morfologiya i osobennosti himicheskogo sostava monatsita v karbonatitah Kosyuskogo massiva (Srednii Timan) (Morphology and chemical composition of monazite in carbonatites of Kosyuskogo massif (Middle Timan)). Proceedings of Komi Science Centre. No. 1 (5), 2011, pp. 49—53. 4. Kovalchuk N. S., Shumilova T. G., Stepanenko V. I. Redkozemel'naya mineralizatsiya v karbonatitah Kosyuskogo massiva (Srednii Timan) (Rare earth mineralization in carbonatites of Kosyuskogo massif (Middle Timan)). Notes of RMS, No. 3, 2013, pp. 109—132. 5. Makeev A. B., Viryus A. A. Monatsit proyavleniya Ichet'yu (sostav, morfologiya, vozrast) (Ichetu Monazite (composition, morphology, age)). Math. Executive. Proc. Head. Geology and Exploration, 2013, No 3, pp. 10—15. 6. Nedosekova I. L., Vladyskin N. V., Udoratina O. V., Ronkin Y. L. Karbonatity chetlaskkogo kompleksa (Srednii Timan): geohimicheskie i izotopnye dannye (Carbonatites of Chetlassky complex (Middle Timan): geochemical and isotopic data). Yearbook 2012, Tr. IGG UB RAS, Vol. 160, 2013, pp. 150—158. 7. Nedosekova I. L., Udoratina O. V., Vladyskin N. V., Pribavkina C. V., Gulyaev T. Y. Petrohimiya i geohimiya daikovyyh ul'trabazitov i karbonatitov Chetlaskkogo kompleksa (Srednii Timan) (Petrochemistry and geochemistry of ultramafic dyke and carbonatite complex Chetlassky (Middle Timan)). Yearbook 2010, Tr. IGG UB RAS, Vol. 158, 2011, pp. 122—130. 8. Stepanenko V. I. Pozdneproterozoi-skii magmatizm severo-vostochnoi okrainy Vostochno-Evropeiskoi platform (Late Proterozoic magmatism north-eastern margin of the East European Platform). Tektonika i geodinamika kontinentalnoi i okeanicheskoi litosfery: obshchie i regionalnye aspekty (Tectonics and Geodynamics of continental and oceanic lithosphere: general and regional aspects). Proceedings of XLVII Tectonic conference. Volume 2, Moscow: GEOS, 2015, pp. 188—191. ISBN 978-5-89118-693-4. 9. Stepanenko V. I. Shelochnye pikrity Srednego Timana (Alkaline picrites of Middle Timan). Geologiya magmaticheskikh obrazovaniy severa Urala i Timana (Geology magmatic formations of Northern Urals and Timan). Syktyvkar, 1984, pp. 3—15. (Tr. Inst Geology, Komi Branch, USSR Academy of Sciences. Vol.



- 48). **10.** Stepanenko V. I. *Osobennosti geologicheskogo stroeniya i sostava karbonatitovogo kompleksa Srednego Timana* (Features of the geological structure and composition of carbonatite complex of Middle Timan). Proceedings of the Institute of Geology, Komi Branch of the USSR, 1979, Vol. 29, pp. 52–61. **11.** Udoratina O. V., Viryus A. A., Kozyreva I. V., Shvetsova I. V., Kapitanova V. A. *Monazit gidrotermalno-metasomaticheskikh porod* (Novobobrovskoe rudnoe pole, Srednii Timan) (Monazite of hydrothermal-metasomatic rocks (Novobobrovskoe ore field, the Middle Timan)). *Sovremennye problemy teoreticheskoi, eksperimental'noi i prikladnoi mineralogii*. (Modern problems of theoretical, experimental, and Applied Mineralogy). Proceedings of Mineralogical seminar with international participation, Syktyvkar, Institute of Geology of Komi Science Centre, 2013, pp. 275–277. **12.** Udoratina O. V., Kozyreva I. V., Shvetsova I. V., Kapitanova V. A., Filippov V. N. *Osobennosti redkometall'noi aktssessornoi mineralizatsiya zhil'noi serii karbonatitov (rudnoe pole Kos'yu, Srednii Timan)* (Features of rare metal mineralization accessory vein series carbonatites (Ore field Kosyu, Middle Timan)). *Kristallicheskie i tverdoe nekrystallicheskie sostoyaniya mineral'nogo veschestva. Mineralogicheskaya kristallografiya* (Crystal non-crystalline state of the solid mineral material. Mineralogical crystallography). Syktyvkar, 2012, pp. 331–333. **13.** Udoratina O. V., Travin A. V. *Schelochnye pikrity chetlasskogo kompleksa Srednego Timana: Ar-Ar-dannye* (Alkaline picrites from Chetlassky complex of Middle Timan: Ar-Ar-data). *Rudnyi potentsial schelochnogo, kimberlitovogo i karbonatitovogo magmatizma* (Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism). Proceedings of 30th International Conference. Antalya-Moscow, 2014, pp 82–84. **14.** Ludwig KR User's manual for ISOPLOT / EX, version 2. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center: Spec. Publ., №1a, 1999, 120 p. **15.** Suzuki, K., Adachi, M. The chemical Th-U-total Pb isochron ages of zircon and monazite from the gray granite of the Hida Terrane, Japan. *The Journal of Earth and Planetary Sciences*, 1991. vol. 38. Nagoya University, pp. 11–38. **16.** Udoratina O. V., Kozyreva I. V., Shvetsova I. V., Nedosekova I. L., Kapitanova V. A. Peculiar features of accessory mineralization of vein series of carbonatites from Chetlassky complex (Middle Timan). *Geochemistry of magmatic rocks. XXIX International conference. Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism. School «Geochemistry of alkaline rocks»*. Sudak-Moscow, 2012, pp. 116–118.

Рецензент

К. Г.-М. Н. Л. И. Ефанова