

Позднедевонская плюмовая Цилемская дайка (Средний Тиман): обоснование геодинамической природы и возраста

А. С. Шуйский¹, К. В. Куликова¹, О. В. Удоратина¹, В. А. Лебедев²

¹ Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
self88@yandex.ru, udoratina@geo.komisc.ru, fopolina1@yandex.ru

² Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва
leb@igem.ru

Трахиты цилемской дайки Среднего Тимана относятся к породам шшонитовой серии. Они имеют микропорфировую с бостонитовой основной массой структуру. В трахитах установлены две разновидности калиевого полевого шпата. Лейсты основной массы сложены магматическим санидином, а мелкие зерна по краям субизометричных выделений позднего кварца – гидротермальным микроклином. Проведенное датирование трахитов K-Ar-методом дало возраст 365 ± 8 млн лет, что позволяет считать, что внедрение щелочной дайки происходило в позднедевонское время.

Ключевые слова: Средний Тиман, трахиты, K-Ar-возраст, плюм.

Late Devonian plume Tsilemsky dyke (Middle Timan): composition and K-Ar age

A. S. Shuisky¹, K. V. Kulikova¹, O. V. Udoratina¹, V. A. Lebedev²

¹ Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

² Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow

The trachytes of the Tsilemsky Kamen of Middle Timan are rocks of the Shoshonitic series. The rocks have a microporphyry structure with a bostonite groundmass. Trachytes contain two varieties of potassium feldspar. The laths of the groundmass are composed of igneous sanidine, and the small grains along the edges of subisometric late quartz segregations are composed of hydrothermal microcline. Dating of trachytes by the K-Ar method gave an age of 365 ± 8 Ma; the intrusion of the alkaline dike occurred in the Late Devonian. These rocks, along with trap basalts, recorded the occurrence of several pulses of plume magmatism on Timan in Devonian time.

Keywords: Middle Timan, trachytes, K-Ar age, plume.

Введение

На Среднем Тимане довольно широко распространены позднепалеозойские породы основного состава (Тиманский кряж, 2010) нормальной щелочности, которые выделяются в составе трапповой формации (Макеев, 2008). Также на Среднем Тимане в составе как верхнедевонских стратифицированных толщ, так и секущих интрузивных тел известны щелочные разновидности пород, петрохимические характеристики которых соответствуют формации щелочных вулканитов (Макеев, 2008; Панева и др., 2016; Удоратина и др., 2019). Вулканиты и интрузии являются результатом проявления палеозойского внутриплитного магматизма (Степаненко, 2016) и фиксируют разновременные, на наш взгляд, плюмовые импульсы единого суперплюма. Возможность существования такого суперплюма для Восточно-Европейской платформы допускается и предполагается разделение суперплюма на несколько струй, сформировавших разрозненные внутриплитные магматические провинции (Малышев, Шипилов, 2002; Лобковский и др., 2004). Связка трапповой формации и формации щелочных вулканитов позволяет говорить о перспективах поис-

ков новых алмазоносных кимберлитовых трубок в данном районе.

В 70-х годах прошлого века при проведении геофизических работ были выявлены слабомангнитные аномалии субизометричной формы. При проверке этих аномалий в одном из тел (трубка Умбинская) была вскрыта кимберлитовая туфобрекчия, в которой был найден осколок алмаза. На данный момент это единственная находка коренных алмазов в трубках на Среднем Тимане, хотя россыпные алмазы в этом районе являются установленным фактом (Плякин, Ершова, 2011).

Целью исследования является определение петрографического, минералогического, химического состава и геодинамической типизации пород Цилемской дайки Среднего Тимана.

Методы исследования

Минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород изучались в шлифах под поляризационным микроскопом Olympus BX51. Определение химического состава и получение картин дифракции обратнорассеянных электронов минералов проводи-

Для цитирования: Шуйский А. С., Куликова К. В., Удоратина О. В., Лебедев В. А. Позднедевонская плюмовая Цилемская дайка (Средний Тиман): обоснование геодинамической природы и возраста // Вестник геонаук. 2023. 12(348). С. 30–36. DOI: 10.19110/geov.2023.9.4

For citation: Shuisky A. S., Kulikova K. V., Udoratina O. V., Lebedev V. A. Late Devonian plume Tsilemsky dyke (Middle Timan): composition and K-Ar age. Vestnik of Geosciences, 2023, 12(348), pp. 30–36, doi: 10.19110/geov.2023.9.4



лись на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 LMN с энергодисперсионной приставкой Instruments X-Max и с детектором EBSD Nordlys (Oxford Instruments). Исследования проводились в ЦКП «Гео-наука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

Определение возраста породы проводилось К-Аг-методом в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН (г. Москва). Измерение содержания радиогенного аргона проводилось на масс-спектрометре МИ-1201 ИГ методом изотопного разбавления с применением в качестве трасера ^{38}Ar ; определение калия — методом пламенной спектрофотометрии. При расчете возраста использованы константы: $\lambda_K = 0.581 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1}$, $\lambda_{\beta-} = 4.962 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1}$, $^{40}\text{K} = 0.01167 \text{ (ат. \%)}$ (Чернышев и др., 2006).

Вещественный состав пород

На Среднем Тимане достаточно давно известны ультракалийевые магматические породы (Мальков, 1999; Макеев и др., 2008; Колониченко, 2009; Удоратина

и др., 2015; Udoratina et al., 2015, Udoratina et al., 2016, Куликова и др., 2017; Мяндин и др., 2018). Эти породы слагают дайки, трубки и межпластовые тела и имеют обычно основной состав (Удоратина и др., 2019). Отличаются более кислым составом дайка трахитов Четласского Камня верховья верхней Ворыквы и дайка трахитов Цилемского Камня правого притока реки Цильмы.

При проведении комплексных исследований на Среднем и Южном Тимане в 1984 году А. Р. Вильчином была обнаружена дайка магматических пород, прорывающая среднедевонские аргиллиты, алевролиты, песчаники (Колониченко, Филиппов, 2009). Дайка вскрыта близ устья реки Ашуга (правого притока реки Цильмы) (рис. 1). При описании порода была названа ортоклазитом и в первом приближении определена идентичной микроклиниту или бостониту верхней Ворыквы. Таким образом, точная номенклатура породы не была установлена.

Для исследований нам были переданы образцы этих пород, отобранные Е. В. Колониченко из закопущки размером 60 × 80 см.

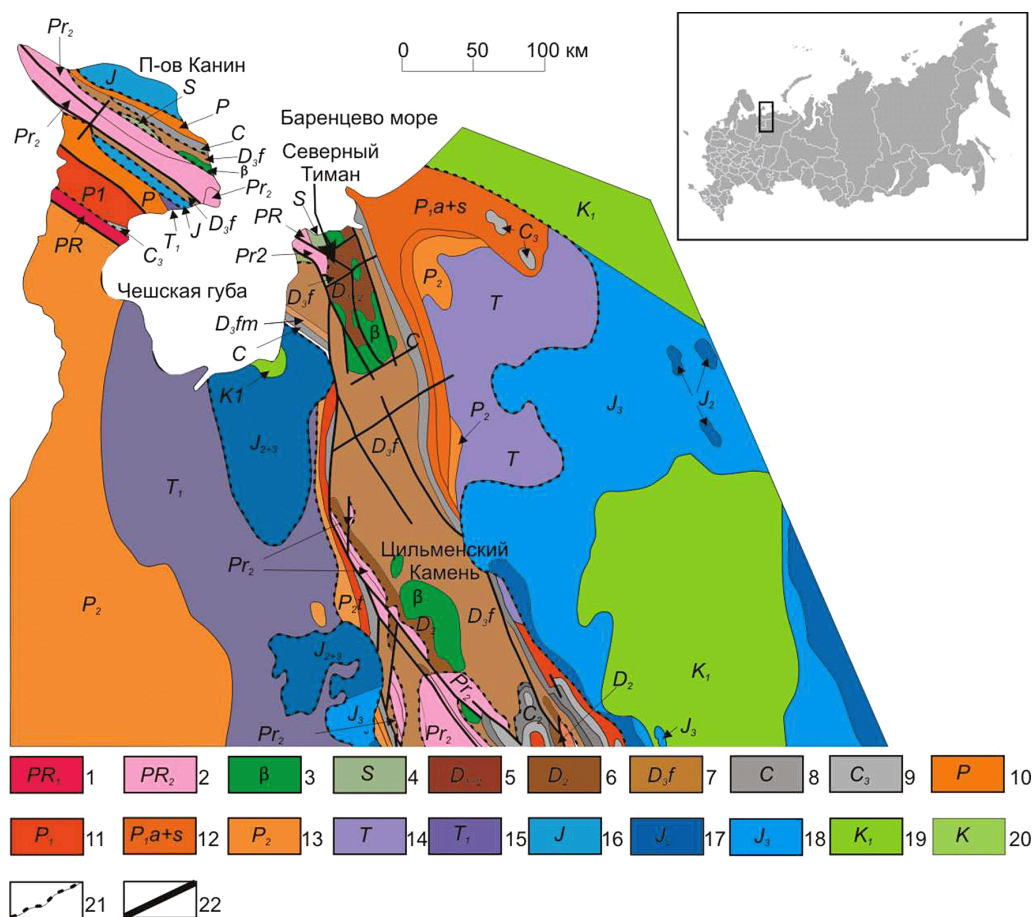


Рис. 1. Геологическая карта-схема Тимана и п-ова Канин (Оловянишникова, 2007). Условные обозначения:

1 — нижний протерозой, 2 — верхний протерозой, 3 — нижний палеозой (базальты), 4 — силур, 5 — нижний и средний девон, 6 — средний девон, 7 — франский ярус, 8 — карбон, 9 — верхний карбон, 10 — пермь, 11 — нижняя пермь, 12 — ассельский и сакмарский ярус, 13 — верхняя пермь, 14 — триас, 15 — нижний триас, 16 — юра, 17 — средняя юра, 18 — верхняя юра, 19 — нижний мел, 20 — мел, 21 — несогласное залегание, 22 — разломы

Fig. 1. Geological map — scheme of Timan and the Kanin Peninsula (Olovyanishnikov, 2007).

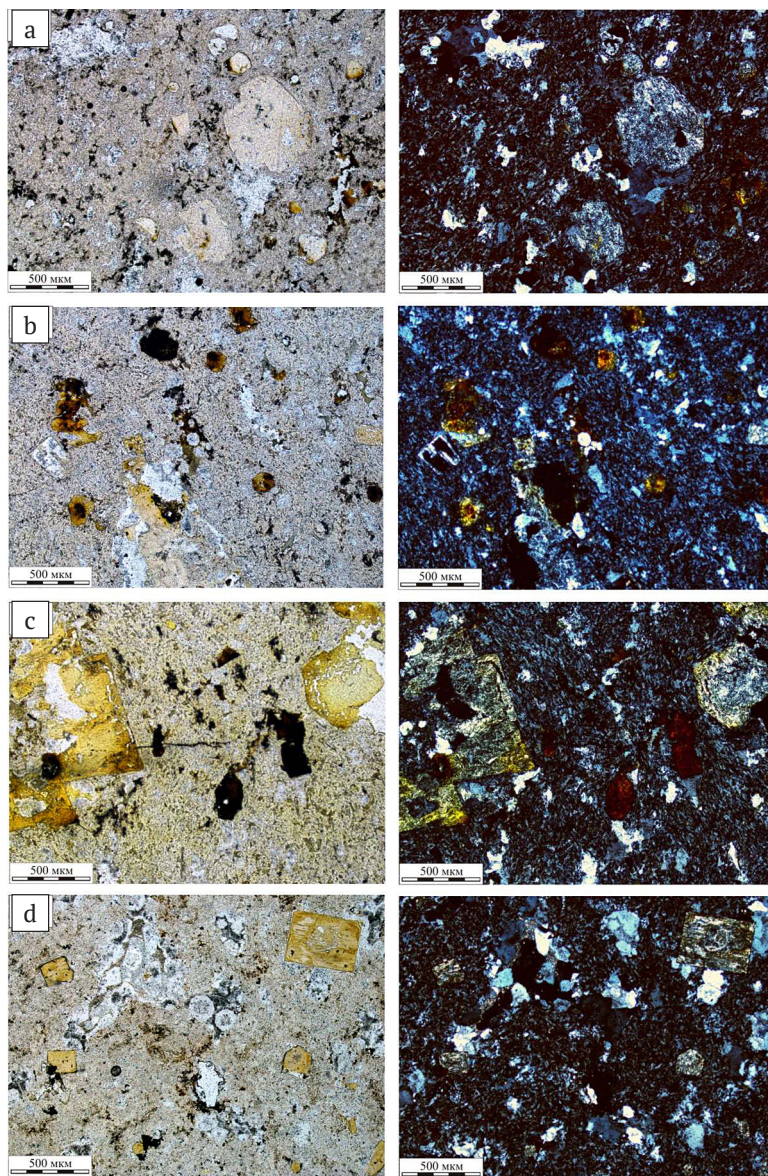
Legend: 1 — Lower Proterozoic, 2 — Upper Proterozoic, 3 — Lower Paleozoic (basalts), 4 — Silurian, 5 — Lower and Middle Devonian, 6 — Middle Devonian, 7 — Frasnian, 8 — Carboniferous, 9 — Upper Carboniferous, 10 — Permian, 11 — Lower Permian, 12 — Assel and Sakmarian stages, 13 — Upper Permian, 14 — Triassic, 15 — Lower Triassic, 16 — Jurassic, 17 — Middle Jurassic, 18 — Upper Jurassic, 19 — Lower Cretaceous, 20 — Cretaceous, 21 — unconformity, 22 — faults

Рис. 2. Петрографические особенности микропорфировых трахитов (в левом столбце без анализатора, в правом — с анализатором): а — вкрапленники калиевого полевого шпата; b, c, d — вкрапленники замещены агрегатом (бурый цвет) мусковита, шамозита и цеолита

Fig. 2. Petrographic features of microporphyrific trachytes (left column without analyzer, right column with analyzer): a — K-feldspar phenocrysts; b, c, d — phenocrysts are replaced by an aggregate (brown color) of muscovite, chamosite, and zeolite

Был изучен петрографический, минералогический и химический состав пород дайки. Петрографически порода является микропорфировым трахитом. Порода имеет кавернозную текстуру, микропорфировую с микролитовой основной массой структуру. Порфировые, как правило субизометричные, вкрапленники размерами от 0.2 до 1.55 мм в количестве не более 10 % и микролиты представлены калиевым полевым шпатом (рис. 2). Минерал вкрапленников частично пелитизирован и замещен мелкозернистым агрегатом цеолитов. Основная масса породы сложена разноориентированными удлиненными лейстами с неровными волнистыми краями калиевого полевого шпата (до 90 об. %), такую структуру принято называть бостонитовой. Лейсты калиевого полевого шпата размером от 0.2×1 до 0.1×0.3 мм часто формируют простые полисинтетические двойники. В интерстициях между крупными табличками калиевого полевого шпата наблюдается гидрослюда, заместившая стекло. Внутри гидрослюда, а также изредка внутри лейст полевого шпата наблюдаются иголки апатита. Аксессуарные минералы представлены фтор-апатитом, субмикронными редкоземельными (легкие РЗЭ) фазами с цирконием. Рудные минералы в большинстве случаев формируют агрегаты в виде взаимопрорастаний оксидных Fe-Ti-минеральных фаз — титаномагнетита и ильменита. Анатаз (согласно рентгеноструктурным данным) образует кристаллы субгедральной, реже ангедральной формы, его содержание не превышает 3 об. %. В породе наблюдается кварц в сростках с полевым шпатом, заполняющий либо целые полости, либо их края (рис. 2, b, d). Развитие этих минералов фиксирует, на наш взгляд, гидротермальные изменения породы.

Предыдущими исследованиями установлено, что основным минералом породы является калиевый полевой шпат, методом порошковой дифрактометрии он определяется как санидин. В химическом составе калиевого полевого шпата отмечается устойчивое содержание оксида натрия до 2 мас. %, реже отмечается присутствие оксида бария (0.3–0.9 мас. %), железа (0.2 до 0.7 мас. %) (Удоратина и др., 2018). Нашими исследованиями установлено, что вкрапленники калиевого полевого шпата часто замещены агрегатом шамозита, мусковита и цеолита (рис. 3 и табл. 1). Эти же минералы заполняют интерстиции между микролитами полевого шпата. При проведении рентгенофазовых



исследований методом дифракции отраженных электронов (EBSD) были установлены два типа калиевого полевого шпата, кристаллизовавшегося при затвердении расплава (санидин) и на стадии постмагматической гидротермальной переработки породы (микроклин). Санидин образует лейсты (рис. 4, a, b) основной

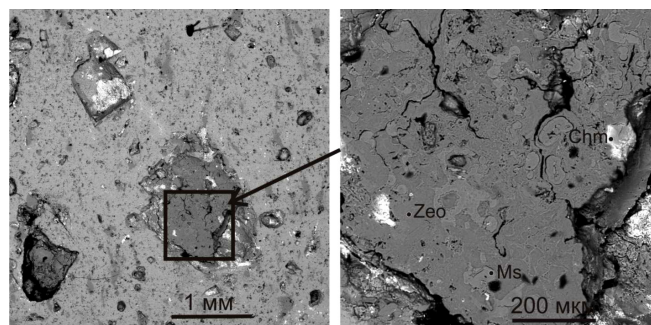


Рис. 3. Замещение вкрапленника агрегатом вторичных минералов (фото в обратноотраженных электронах). Zeo — цеолит, Chm — шамозит, Ms — мусковит

Fig. 3. Replacement of a phenocryst with an aggregate of secondary minerals (photo in backscattered electrons). Zeo — zeolite, Chm — chamosite, Ms — muscovite



Таблица 1. Химический состав минералов
Table 1. Chemical composition of minerals

Компоненты Components	Шамозит / Chamosite		Калиевый полевой шпат Potassium feldspar		Мусковит / Muscovite					
	SiO ₂	22.48	20.93	65.69	67.16	57.26	52.2	50.64	52.45	52.19
Al ₂ O ₃	15.24	14.00	18.82	18.99	31.65	32.39	28.63	30.41	31.14	
FeO	42.13	43.99	-	-	1.6	0.93	1.38	1.89	1.17	
MgO	-	-	-	-	1.95	1.44	1.57	1.55	1.4	
CaO	-	0.49	-	-	-	-	-	-	-	
Na ₂ O	-	-	1.31	1.86	-	-	-	-	-	
K ₂ O	1.66	1.83	13.43	13.18	6.36	4.67	6	5.37	5.18	
Сумма	81.51	81.99	99.25	101.19	98.82	91.63	88.22	91.67	91.08	
Формульные коэффициенты / Formula coefficients										
Si	2.86	2.75	3.05	3.05	4.28	4.20	4.24	4.23	4.23	
Al	2.32	2.27	1.03	1.01	2.79	3.07	2.82	2.89	2.97	
Fe ²⁺	4.48	4.83	-	-	0.09	0.06	0.09	0.12	0.07	
Mg	-	-	-	-	0.21	0.17	0.19	0.18	0.16	
Ca	-	0.25	-	-	-	-	-	-	-	
Na	-	-	0.11	0.16	-	-	-	-	-	
K	0.26	0.30	0.79	0.76	0.60	0.48	0.64	0.55	0.53	

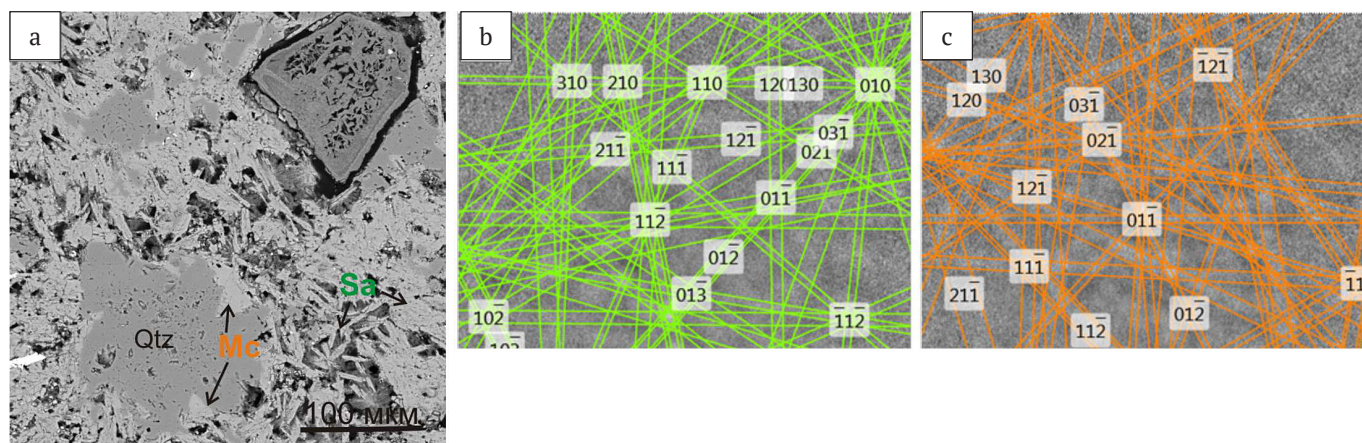


Рис. 4. Две разновидности калиевого полевого шпата в трахитах: а — микролиты санидина (Sa) основной массы и микроклин (Mc) в сростании с кварцем (фото в обратнотраженных электронах); картины дифракции обратнорассеянных электронов (проиндексированные полосы Кикучи) санидина (b) и микроклина (c)

Fig. 4. Two varieties of K-feldspar in trachytes: (a) groundmass sanidine (Sa) microlites and microcline (Mc) intergrown with quartz (photo in backscattered electrons); backscattered electron diffraction patterns (indexed Kikuchi bands) of sanidine (b) and microcline (c)

массы породы, а микроклин развивается в виде тонкой каймы в краевых частях кварцевых обособлений (рис. 4, а, с). К сожалению, порфиоровые включения калиевого полевого шпата не были исследованы из-за их полного замещения вторичными минералами.

Для внутриплитного магматизма, фиксирующего плюмовый процесс, широко известна смена трапповых базальтов щелочными породами шошонитовой серии — трахитами и фонолитами, что хорошо изучено на примере вулканитов Северной Эфиопии (Nagos et al., 2010).

Петрохимически изученные породы дайки Цилемского Камня соответствуют трахитам шошонитовой серии (рис. 5, табл. 2). По сравнению с фонолитами вулканического поля Эфиопии (Nagos et al., 2010), которые формировались также позже траппов на севере Восточно-Африканской рифтовой зоны, трахиты Тимана являются более калиевыми породами.

Изучение состава элементов примесей трахитов Цилемского Камня (табл. 3) показало, что породы Среднего Тимана обеднены редкоземельными элемен-

тами и элементами ряда Nb, Ta, La, Ce, по сравнению с фонолитами вулканического поля Эфиопии (рис. 6, а, б), кроме Pb, Th и U. Повышенное содержание Pb, Th и U объясняется присутствием в породе редкоземельных фаз с цирконием.

Возраст позднепалеозойских магматических пород Среднего Тимана

Н. А. Малышевым и Э. В. Шипиловым в 2002 г. было сделано обобщение по геодинамической эволюции северо-востока Европейского кратона и выделены девонские магматические импульсы. Для Канино-Тиманской гряды ими отмечается магматизм около 375 млн лет (поздний девон), который связывается с активным рифтингом, проявленным в результате подъема обширного плюма (Малышев, Шипилов, 2002).

К настоящему времени для трапповой формации Тимана Ar-Ar-методом установлен возраст 389 ± 8 млн лет (Удуратина и др., 2014), что соответствует средне-девонскому времени.

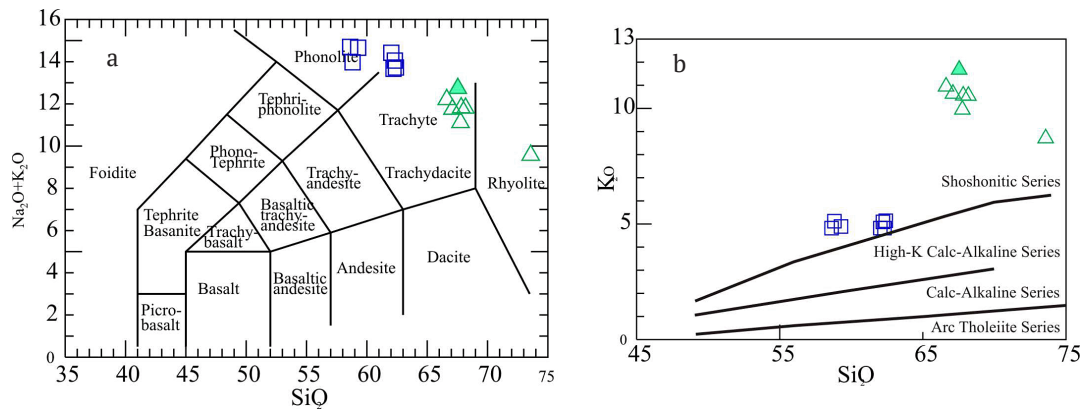


Рис. 5. Петрохимические особенности трахитов. TAS-диаграмма (а), вариационная диаграмма $K_2O - SiO_2$ (б). Зеленые треугольники – трахиты Цилемского Камня, синие квадраты – фонолиты вулканического поля Северной Эфиопии
Fig. 5. Petrochemical features of trachytes. TAS diagram (a), $K_2O - SiO_2$ variation diagram (b). Green triangles are trachytes of the Tsilemsky Stone, blue squares are phonolites of the volcanic field of Northern Ethiopia

Таблица 2. Химический состав трахитов Цилемского Камня
Table 2. Chemical composition of trachytes of the Tsilemsky Kamen

Компоненты Components	Проба / Sample						
	060/10	060/10	060-1/10	060-2/10	060/3	060-4/10	060-6/10
SiO ₂	67.54	67.82	67.76	67.1	66.62	68.18	73.58
TiO ₂	0.60	0.70	0.65	0.70	0.72	0.67	0.78
Al ₂ O ₃	12.25	15.78	14.9	15.77	15.74	15.01	13.02
Fe ₂ O ₃	0.61	0.56	2.21	1.58	1.37	1.34	0.22
FeO	0.26	0.3	0.37	0.36	0.58	0.58	0.38
MnO	0.001	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
MgO	0.30	0.20	0.10	0.30	0.30	0.20	0.30
CaO	0.63	0.40	0.40	0.40	0.20	0.66	0.20
Na ₂ O	1.06	1.26	1.17	1.11	1.26	1.25	0.86
K ₂ O	11.67	10.55	9.94	10.63	10.94	10.54	8.70
P ₂ O ₅	0.15	0.16	0.18	0.17	0.18	0.18	0.12
Сумма / Sum	95.07	97.74	97.68	98.13	97.92	98.61	98.16

Таблица 3. Содержание редких, рассеянных и редкоземельных элементов в трахите Цилемского Камня (г/т)
Table 3. Content of rare, trace and rare earth elements of the Tsilemsky Kamen (ppm)

Образец Sample	Компоненты / Components																
	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Rb	Sr	Y	Zr	
060/10	0.92	0.84	3.87	55.73	40.64	4.28	6.98	19.82	24.83	13.85	0.94	1.83	201.93	8.81	20.96	189.84	
Nb	Mo	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	
18.23	0.99	0.14	0.16	0.03	6.47	6.62	0.16	0.36	0.96	216.68	17.92	39.42	5.03	20.35	4.97	1.14	
Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U	
4.44	0.72	4.21	0.81	2.31	0.372	2.63	0.46	5.45	1.42	2.77	0.12	1.1	44.14	0.2	9.08	4.18	

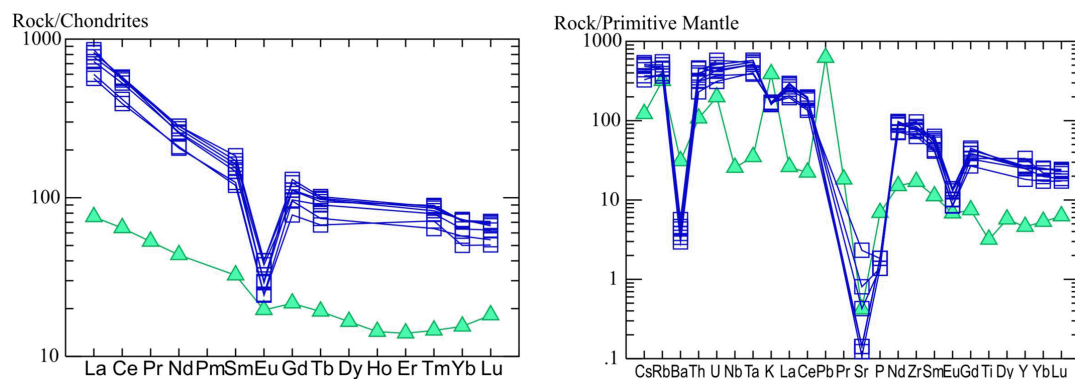


Рис. 6. Геохимические особенности трахитов. Диаграмма распределения РЗЭ (а), мультикомпонентная диаграмма (б)
 Условные обозначения: Зеленые треугольники – трахиты Цилемского Камня, синие квадраты – фонолиты вулканического поля Северной Эфиопии (Hagos et al., 2010). Составы нормированы по: Sun S., McDonough W. F., 1989

Fig. 6. Geochemical features of trachytes. REE distribution diagram (a), multicomponent diagram (b)
 Legend: Green triangles are trachytes of the Tsilemsky Stone, blue squares are phonolites of the Northern Ethiopia volcanic field (Hagos et al, 2010). The compositions are normalized according to: Sun S., McDonough W. F., 1989



Нами было проведено определение возраста К-Аг-методом по образцу трахита Цилемского Камня Среднего Тимана (валовая проба). Были получены следующие параметры: калий (%) $\pm \sigma = 8.34 \pm 0.09$; $^{40}\text{Ar}_{\text{рад}}$ (нг/г) $\pm \sigma = 234.0 \pm 0.7$; в образце $^{40}\text{Ar}_{\text{возд}}$ (%) = 4.9. Возраст составляет 365 ± 8 млн лет, что соответствует позднедевонскому времени.

Ранее для дайки трахитов Четласского Камня верховья верхней Ворыквы Среднего Тимана К-Аг-методом был получен возраст 270–280 млн лет (Мальков, 1999), и Аг-Аг-методом — 292 млн лет (Удоратина и др., 2016).

Выводы

Трахиты Цилемской дайки имеют микропорфировую с бостонитовой основной массой структуру. Преобладающим минералом является калиевый полевоый шпат.

Установлены две разновидности калиевого полевого шпата. Лейсты основной массы трахита сложены магматическим санидином, а мелкие зерна по краям субизометричных выделений позднего кварца — гидротермальным микроклином, образовавшимся на постмагматической стадии.

Породы трапповой формации Тимана формировались в среднедевонское время (389 ± 8 млн лет). Внедрение трахитов происходило в течение довольно продолжительного периода — начало соответствует позднему девону (365 ± 8 млн лет), а наиболее поздние известные на данный момент события относятся к ранней перми (292 млн лет).

Таким образом, позднепалеозойские вулканические породы — трапповые базальты и трахиты Тимана — фиксируют проявление нескольких импульсов плюмового магматизма.

Литература / References

- Колониченко Е. В., Филиппов В. Н. Малые сульфидные руды Среднего Тимана // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2009. № 3. С. 10–13.
Kolonichenko Ye. V., Filippov V. N. Small sulfide ores of the Middle Timan. Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2009, No. 3, pp. 10–13. (in Russian)
- Куликова К. В., Удоратина О. В., Макеев Б. А., Савельев В. П. Петрографо-минералогическая характеристика ультракалиевых пород нижних частей базальтовых тел (Южный Тиман) // Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления: Материалы Всерос. науч. конф. с межд. уч. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2017. С. 99–101.
Kulikova K. V., Udoratina O. V., Makeyev B. A., Savelyev V. P. Petrographic and mineralogical characteristics of ultrapotassic rocks in the lower parts of basalt bodies (Southern Timan). Proc. of the All-Russian scientific conference with international participation. Syktyvkar, IG Komi SC UB RAS, 2017, pp. 99–101. (in Russian)
- Лобковский Л. И., Никишин А. М., Хаин В. Е. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. М.: Науч. мир, 2004. 612 с.
Lobkovskiy L. I., Nikishin A. M., Khain V. Ye. Sovremennyye problemy geotektoniki i geodinamiki (Modern problems of geotectonics and geodynamics). Moscow: Nauchny mir, 2004, 612 p. (in Russian)
- Макеев А. Б., Лебедев В. А., Брянчанинова Н. И. Магматиты Среднего Тимана. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 348 с.
Makeev A. B., Lebedev V. A., Brianchaninova N. I. Magmatites of the Middle Timan. Yekaterinburg: UB RAS, 2008, 348 p. (in Russian)
- Мальков В. А. Герцинский бостонитовый комплекс Среднего Тимана // Геология Европейского Севера России: Труды Института геологии Коми НЦ УрО РАН; Вып. 103. Сыктывкар, 1999. № 4. С. 43–47.
Malkov V. A. Gertsinsky bostonite complex of the Middle Timan. Geology of the European North of Russia. Proceedings of the Institute of Geology of the Komi SC UB RAS. Issue 103, Syktyvkar, 1999, No. 4, pp. 43–47. (in Russian)
- Мальшев Н. А., Шипилов Э. В. Геодинамическая эволюция Европейского Северо-Востока в девоне // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2002. № 11 (95). С. 2–4.
Malyshev N. A., Shipilov E. V. Geodynamic evolution of European north-east in Devonian. Vestnik IG Komi SC UB RAS, November 2002, No. 11 (95), pp. 2–4. (in Russian)
- Мяндин А. С., Удоратина О. В., Смолева И. В. Изотопный состав кислорода и углерода карбонатов щелочных базальтов (Южный Тиман) // Молодежь и наука на Севере: Материалы докладов III Всерос. (XVIII) молод. науч. конф.: в 2 т. (Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 2018 г.). Сыктывкар, 2018. Том II. С. 76–77. (ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).
Myandin A. S., Udoratina O. V., Smoleva I. V. Oxygen and carbon isotopic composition of carbonates of alkaline basalts (Southern Timan). Proceedings of the 3rd All-Russian (18th) Youth Scientific Conference «Youth and Science in the North» (in 2 volumes). Volume II. (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, 2018). Syktyvkar, 2018, pp. 76–77. (in Russian)
- Оловянишников В. Г. Геологическое развитие Северного Тимана и п-ова Канин. Сыктывкар: Геопринт, 2004. 80 с.
Olovyanishnikov V. G. Geological development of the Northern Timan and the Kanin Peninsula. Syktyvkar: Geoprint, 2004, 80 p. (in Russian)
- Панева А. А., Куликова К. В., Бурцев И. Н. Внутриплитный палеозойский магматизм Среднего Тимана // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы Всерос. петрограф. конф. с межд. участием. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. 2016. Вып. 8. С. 224–230.
Paneva A. A., Kulikova K. V., Burtsev I. N. Intraplate Paleozoic magmatism of the Middle Timan. Petrology of igneous and metamorphic complexes. Issue 8. Proc. of the All-Russian petrographic conference with international participation. Tomsk: Publishing house of the Tomsk CNTI, 2016, pp. 224–230. (in Russian)
- Плякин А. М., Ершова О. В. История открытия и изучения Умбинско-Средненского полиминерального месторождения // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 7 (199). С. 25–29.
Plyakin A. M., Ershova O. V. History of the discovery and study of the Umbinsko-Srednenskoye polymineral deposit. Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2011, No. 7(199), pp. 25–29. (in Russian)



- Степаненко В. И. Канино-Тимано-Печорская провинция позднедевонского внутриплитного магматизма (положение и размеры) // Доклады академии наук. 2016. Т. 467. № 5. С. 572–575.
- Stepanenko V. I. Kanino-Timan-Pechora province of Late Devonian intraplate magmatism (position and size). Doklady Earth Sciences, 2016, V. 467, No. 5, pp. 572–575. (in Russian)
- Тиманский кряж: В 2 т. / Ред.-сост.: Л. П. Шилов, А. М. Плякин, В. И. Алексеев. Т. 1. История, география, жизнь: монография. Ухта: УГТУ, 2010. 339 с.
- Timan Ridge. In 2 volumes. Editorial staff: L. P. Shilov, A. M. Plyakin, V. I. Alekseev, V. 1, History, geography, life: monograph. Ukhta: USTU, 2010, 339 p. (in Russian)
- Удоротина О. В., Бурцев И. Н., Куликова К. В., Голубева И. И. Ультракалиевые магматические комплексы Тимана // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVII Геол. съезда Республики Коми. Сыктывкар, 2019. С. 104–106.
- Udoratina O. V., Burtsev I. N., Kulikova K. V., Golubeva I. I. Timan ultrapotassium igneous complexes. Geology and mineral resources of the European North-East of Russia. Proc. of the 17th Geological Congress of the Komi Republic. Syktyvkar, 2019, pp. 104–106. (in Russian)
- Удоротина О. В., Куликова К. В., Варламов Д. А., Макеев Б. А. Ультракалиевые породы (Средний Тиман, Цилемский Камень) // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Материалы X Всерос. с межд. уч. петрограф. конф. Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2018. Вып. 10. С. 380–383.
- Udoratina O. V., Kulikova K. V., Varlamov D. A., Makeev B. A. Ultrapotassium rocks (Middle Timan, Tsilemsky Kamen). Petrology of igneous and metamorphic complexes. Issue 10. Proc. of the 10th All-Russian petrographic conference with international participation, Tomsk, Publishing house of Tomsk CNTI, 2018, pp. 380–383. (in Russian)
- Удоротина О. В., Травин А. В., Куликова К. В., Варламов Д. А. Свидетельства раннепермского импульса ультракалиевого магматизма на Среднем Тимане // Бюл. моск. испытателей природы. Отд. геол. 2016. Т. 91. Вып 2–3. С. 29–35.
- Udoratina O. V., Travin A. V., Kulikova K. V., Varlamov D. A. Evidence of the Early Permian pulse of ultrapotassium magmatism in the Middle Timan. Bulletin of the Moscow Naturalists. Department of Geology, 2016, V. 91, Issue 2–3, pp. 29–35. (in Russian)
- Удоротина О. В., Андреичев В. Л., Саватенков В. М., Травин А. В. Базальты Среднего Тимана: Rb–Sr-, Sm–Nd- и Ar–Ar-данные // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геол. съезда Республики Коми. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. Т. II. С. 128–131.
- Udoratina, O. V., Andreichev, V. L., Savatenkov, V. M., and Travin, A. V., Basalts of the Middle Timan: Rb–Sr, Sm–Nd, and Ar–Ar data. Geol. East of Russia: Proceedings of the 16th Geological Congress of the Komi Republic. Syktyvkar: IG Komi SC UB RAS, 2014, V. 2, pp. 128–131. (in Russian)
- Удоротина О. В., Варламов Д. А., Капитанова В. А., Ронкин Ю. Л. Ультракалиевые породы нижней части Верхневорыквинского базальтового покрова (Средний Тиман) // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар. 2015. № 2. С. 17–22.
- Udoratina O. V., Varlamov D. A., Kapitanova V. A., Ronkin Yu. L. Ultrapotassium rocks of the lower part of the Upper Vorykva basalt cover (Middle Timan). Vestnik IG Komi SC UB RAS, Syktyvkar, No. 2, 2015, pp. 17–22. (in Russian)
- Чернышев И. В., Лебедев В. А., Аракелянц М. М. К–Ar датирование четвертичных вулканитов: методология и интерпретация результатов // Петрология. 2006. Т. 14. № 1. С. 69–89.
- Chernyshev I. V., Lebedev V. A., Arakelyants M. M. K–Ar dating of Quaternary volcanics: methodology and interpretation of results. Petrology, 2006, V. 14, No. 1, pp. 69–89. (in Russian)
- Hagos M., Koeberl C., Kabeto K., Koller F. Geochemical characteristics of the alkaline basalts and the phonolite – trachyte plugs of the Axum area, northern Ethiopia // Austrian Journal of Earth Sciences. 2010. V. 103. № 2. pp. 153–170.
- Sun S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the ocean basins / Eds. A. D. Saunders, M. J. Norry. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 1989, v. 42, pp. 313–345.

Поступила в редакцию / Received 19.06.2023