

УДК 552.332.2:550.902.66 (234.83)

## СВИДЕТЕЛЬСТВА РАННЕПЕРМСКОГО ИМПУЛЬСА УЛЬТРАКАЛИЕВОГО МАГМАТИЗМА НА СРЕДНЕМ ТИМАНЕ

О.В. Удоратина<sup>1</sup>, А.В. Травин<sup>2,3,4</sup>, К.В. Куликова<sup>1,5</sup>, Д.А. Варламов<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,

<sup>2</sup> Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск

<sup>3</sup> Новосибирский государственный университет

<sup>4</sup> Томский государственный университет

<sup>5</sup> Сыктывкарский государственный университет

<sup>6</sup> Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка

Поступила в редакцию 25.05.16

На Среднем Тимане установлены мономинеральные высокотитанистые ультракалиевые дайковые магматические породы — щелочные гипабиссальные сиениты. Породы сложены на 90% калиевым полевым шпатом, слабопорядоченным санидином. Установлен возраст пород  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом, составивший  $293,5 \pm 3,8$  млн лет. Внедрение дайковых тел происходило в раннепермское время.

*Ключевые слова:* ультракалиевые сиениты, Ar/Ar датирование, Средний Тиман.

*Udoratina O.V., Travin A.V., Kulikova K.V., Varlamov D.A.* Manifestation of Early Permian pulse of ultrapotassic magmatism in Middle Timan. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Geological Series. 2016. Volume 91, part 2–3. P. 29–35.

The high-monomineral ultrapotassic dike igneous rocks are established in the Middle Timan. They are defined as hypabyssal alkali syenite. The rocks are composed of 90% potassium feldspar, weakly ordered sanidine. Established age rock by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  method is  $293,5 \pm 3,8$  million years. Intrusion of ultrapotassic melts occurred in the early Permian.

*Key words:* ultrapotassic syenites, Ar/Ar dating, Middle Timan.

### Введение

На Среднем Тимане достаточно давно известны находки ультракалиевых высокотитанистых кристаллических пород, слагающих дайкообразные и (реже) трубообразные тела. Эти породы характеризуются почти мономинеральным калишпатовым составом и определены предшественниками как фельдшпатолиты, микроклиниты, бостониты, тиманиты, трахиты. Генезис этих пород проблематичен. Существует две основных точки зрения на их происхождение (Макеев и др., 2008; Мальков, 1999; Мальков и др., 2006). В соответствии с одной из них эти породы принято считать магматическими, а с другой — метасоматическими.

Такое расхождение обусловлено многими факторами, в первую очередь недостаточной изученностью этих образований, связанной с тем, что территория, в пределах которой они распространены, плохо обнажена. Материал немногочисленный и получен, главным образом, при исследовании скважин, редких расчисток и еще более редких карьеров.

По опубликованным данным, высококалиевые и высокотитанистые образования известны в северной части Среднего Тимана (Колониченко, Филиппов, 2009), где они охарактеризованы как породы среднего состава. Еще шире распространены на Тимане ультракалиевые породы, характеризующиеся основным составом. По петрохимическим характеристикам они отвечают щелочным базальтам, в ко-

торых, тем не менее, отсутствуют типичные для базальтов минералы, а присутствует только калиевый полевой шпат и стекло. В частности, этими породами сложено трубообразное тело — Сидоровская трубка (Макеев и др., 2008) на Вольско-Вымской гряде Среднего Тимана. Кроме того, подобные образования слагают жилоподобное тело, прорывающее Верхне-Вежаюский базальтовый покров на Среднем Тимане (Удоратина и др., 2015а). Кроме того, они достаточно широко распространены на Южном Тимане в пределах Ярегского месторождения (Udoratina et al., 2012).

В настоящей статье представлены результаты изучения структурно-текстурных особенностей и вещественного состава ультракалиевых пород, слагающих дайку в верховьях р. Верхняя Ворыква на Среднем Тимане. Исследования выполнены комплексом аналитических методов: рентгенографическим, петрографическим, химическим (ЦКП «Геонаука» ИГ Коми НЦ УрО РАН), микронзондовым (ИЭМ РАН), нейтронно-активационным и радиометрическим (ГЕОХИ РАН). Полученные результаты позволили сделать вывод о магматической природе этих образований и отнести их к группе гипабиссальных сиенитов. Кроме того, в статье приведены результаты выполненного в ИГМ СО РАН  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования монофракции калиевого полевого шпата из этих пород. На этой основе сделан вывод о проявлении на Среднем Тимане импульса раннепермского ультракалиевого магматизма.

### Геологическая позиция изученных ультракалиевых пород

На Среднем Тимане в верховьях р. Верхняя Ворквы распространены вулканогенно-осадочные образования верхнедевонской яранской свиты. Возраст этих образований обоснован палеонтологически и подтвержден  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  методом ступенчатого прогрева по плагиоклазу ( $389 \pm 8$  млн лет) из базальтов, слагающих покровы, участвующие в строении разреза свиты (Удуратина и др., 2014). В пределах одного из полей выхода на дневную поверхность базальтов, участвующих в строении разреза этой свиты, базальты рассечены дайкой мощностью до 50 м северо-западного простирания, сложенной ультракалиевыми породами (рис. 1). Эти породы при их полевом изучении диагностированы нами как сиениты. Дайка вскрыта шурфами и расчистками. Это позволило изучить характер ее соотношения с вмещающими образованиями, а также собрать представительный каменный материал для детального и всестороннего изучения слагающих дайку пород.

Контакты дайки с вмещающими образованиями резкие и четкие, нередко в зоне экзоконтакта можно наблюдать дробление вмещающих базальтов. Резкий и четкий характер контактов указывает на магматическое, а не на метасоматическое происхождение слагающих дайку пород.

### Структурно-текстурные и вещественные характеристики ультракалиевых пород

Изученные ультракалиевые породы имеют светлоржавую и бежевую окраску. Для них характерна мелкозернистая структура и пористая (кавернозная) текстура. Породы сложены удлиненно-таблит-

чатыми кристаллами калиевого полевого шпата с неровными волнистыми краями (рис. 2, а–б). Количество этих кристаллов составляет до 90 об.% породы. Поры (каверны) представляют собой пустоты, образовавшиеся при выщелачивании, и проявлены более или менее равномерно во всем объеме породы. Их суммарное количество достигает 10 об.%. При изучении пород под микроскопом их структура определяется как бостонитовая, а текстура — как высокопористая.

Преобладающий размер слагающих породу кристаллов калиевого полевого шпата —  $0,2 \times 1$  мм. Встречаются и более мелкозернистые разновидности, в которых размеры калишпатовых кристаллов составляют  $0,1 \times 0,3$  мм. Кристаллы калиевого полевого шпата формируют простые полисинтетические двойники. Часто калишпат частично пелитизирован и замещен мелкозернистым агрегатом цеолитов (главным образом, морденита). В интерстициях между крупными табличками калиевого полевого шпата наблюдается бурый глиноподобный минерал — гидрослюда, заместившая стекло. Внутри этой бурой массы, а также изредка внутри лейст калишпата наблюдаются иголки апатита. Рудный минерал (титаномагнетит) представлен субгидральными или ангидральными зернами (их суммарное количество не превышает 3 об.%) и равномерно рассеян между зернами калиевого полевого шпата.

В соответствии с Петрографическим кодексом (Петрографический..., 2008) по минеральному составу и структуре порода определяется нами как гипабиссальный сиенит, сложенный почти исключительно калиевым полевым шпатом, образующим основную матрицу породы (рис. 2).

В химическом составе калиевого полевого шпата натровая компонента или полностью отсут-

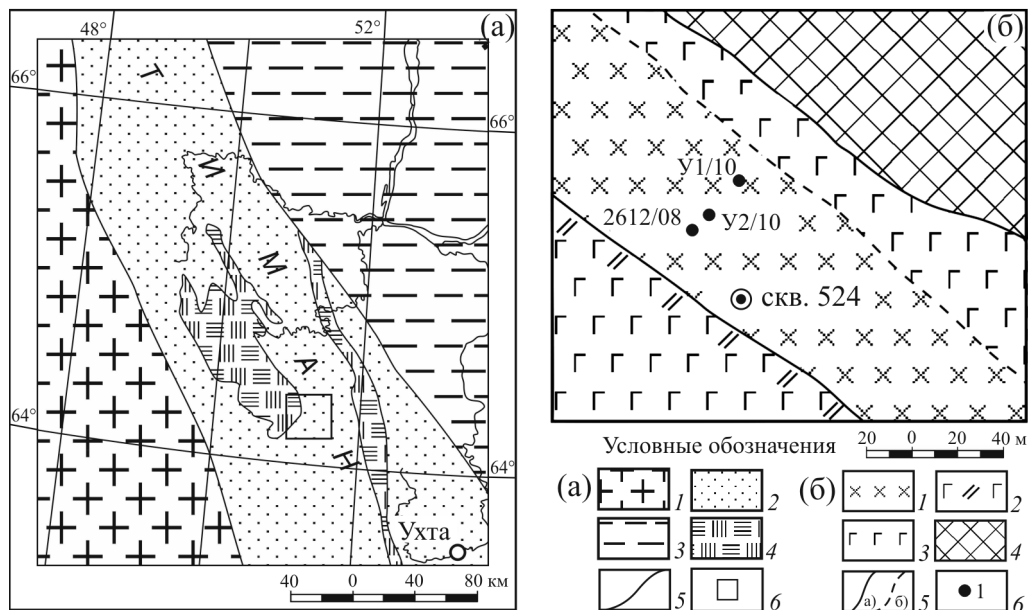


Рис. 1. Схема тектонического строения Среднего Тимана (а): 1 — Восточно-Европейский кратон; 2 — Тиман; 3 — Ижемская зона; 4 — выходы на поверхность комплексов фундамента; 5 — границы зон; 6 — район развития раннепермских магматитов. Схема опробования (б): 1 — сиениты; 2 — измененные базальты; 3 — базальты; 4 — породы фундамента; 5 — границы: а — установленные, б — предполагаемые; 6 — точки опробования

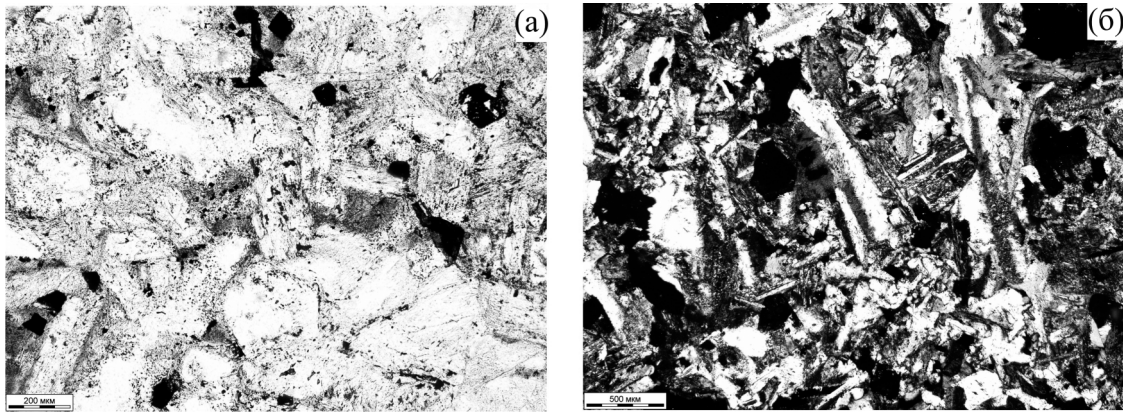


Рис. 2. Примеры микроструктур сиенитов: а — гипидиоморфнозернистая структура (фото без анализатора); б — элементы бостонитовой структуры, таблички калиевого полевого шпата имеют волнистые края (никели скрещены)

ствуется, или содержание ее ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) находится на уровне 0,1–0,5 мас.%. Для калишпата характерно присутствие железа и бария. Их содержание в пересчете на оксиды ( $\text{FeO}$  и  $\text{BaO}$ ) варьирует в пределах 0,2–0,8 мас.% или находится на уровне до 0,1 мас.% соответственно. Калиевый полевой шпат, по рентгенографическим данным, является моноклинным, слабо упорядоченным санидином. Подробно особенности структуры и химического состава калиевого полевого шпата рассмотрены ранее (Удоротина и др., 2015б).

В качестве акцессорных минералов в породах встречены фторапатит, субмикронные редкоземельные фазы, обогащенные цирконием и легкими РЗЭ. Также отмечаются титаномагнетит, ильменит и анатаз. Рудные минералы в большинстве случаев формируют агрегаты, сложенные сходными с описанными С. Хаггерти (Haggerty, 1991) взаимопрорастаниями идиоморфных, частично со скелетными гранями, кристаллов — оксидных Fe–Ti фаз — титаномагнетита, ильменита и анатаза. Диагностированные в изучаемых породах нерудные акцессорные минералы представлены практически исключительно фторапатитом.

Петрохимический и геохимический состав изучаемых пород приведен в табл. 1. В целом эти породы характеризуются высокой щелочностью при ее существенно калиевом типе ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 36$ ). Содержание  $\text{K}_2\text{O}$  достигает 14,5 (здесь и далее в мас.%), притом что содержание  $\text{Na}_2\text{O}$  не превышает 0,4. Содержание кремнезема составляет 59,31, глинозема — 18,57, наблюдается преобладание закисного железа над окисным, характерно высокое содержание двуокиси титана — до 2,30. Анализ химических данных позволяет отнести эти породы к семейству средних пород щелочного ряда.

В целом, основываясь на петрографическом описании и анализе особенностей петрохимического состава, изучаемые породы следует определять как *гипабиссальный сиенит*. На диаграмме ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ ) фигуративные точки состава этих пород попадают в поле феонолитов (рис. 3). При этом, учитывая высокое содержание в породах  $\text{TiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}$ , эти породы соответствуют лейцитовым феоноли-

там. Однако петрографически в ней отсутствуют типичные для феонолитов фельдшпатоиды и темновесные породообразующие минералы (пироксены и амфиболы). На диаграмме  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  фигуративные точки составов изучаемых пород также попадают в поле щелочных пород (рис. 4).

Содержание РЗЭ в породе невысоко. График распределения РЗЭ (нормированный на хондрит CI) характеризуется крутым наклоном (рис. 5), что указывает на преобладание легких РЗЭ над тяжелыми ( $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}-7}$ ). Четко проявлен европиевый минимум. Геохимические характеристики указывают на глубинное (плюмовое) происхождение магмы, при кристаллизации которой в приповерхностных условиях сформировались изученные породы.

### Геохронологические данные

В результате проведенных ранее исследований рассматриваемых высококалиевых пород по валовым пробам были получены оценки их К-Аг возраста, попадающие в диапазон 270–288 млн лет (Мальков, 1999). Известно, что этот метод изотопного датирования пород и минералов из-за отсутствия внутренних критериев достоверности и контроля потерь либо захвата избыточного  $^{40}\text{Ar}$  характеризуется относительно большими погрешностями. В связи с этим в настоящее время эти возрастные оценки нуждаются в подтверждении и/или уточнении.

В более поздних работах были приведены результаты датирования единичных цирконов из этих пород U–Pb методом (SHRIMP II). В соответствии с этими результатами возрасты цирконов составили около 1 млрд лет (Мальков и др., 2006). В связи с тем, что рассматриваемые породы прорывают верхнедевонскую толщу и поэтому не могут быть моложе позднего девона, нам представляется, что цирконы докембрийского возраста ксеногенны по отношению к изученным породам. Наиболее вероятно, что эти древние цирконы были захвачены глубинным щелочным расплавом при его прохождении через коровые комплексы. В целом это хорошо согласуется с тем, что в Тимано-Печорском регионе (включая его приуральскую часть) широко

Таблица 1

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

Компонент	2612/08	У2/10	У1/10	Элемент	У2/10	Элемент	У2/10
	1	2	3				
SiO <sub>2</sub>	59,31	59,64	59,88	La	7,84	Cs	0,36
TiO <sub>2</sub>	2,3	1,84	2,24	Ce	17,7	Sr	110
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,57	17,63	18,04	Pr*	2,41	Ba	620
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,26	2,66	1,96	Nd	11,2	Sc	34,5
FeO	0,22	0,29	0,25	Sm	3,46	Cr	135,8
MnO	0,01	0,01	<0,1	Eu	0,25	Co	46,6
MgO	0,3	0,2	0,15	Gd*	4,16	Se	5,19
CaO	0,57	0,67	0,47	Tb	0,56	As	0,96
Na <sub>2</sub> O	0,4	0,48	0,57	Dy*	2,8	Sb	2,72
K <sub>2</sub> O	14,46	16,79	15,21	Ho*	0,53	Th	2,61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,19	0,18	Er*	1,28	U	1,74
ППП	1,42	1,3	1,1	Tm*	0,16	Br	0,59
Сумма	99,04	101,12	100,08	Yb	0,78	Hf	5,41
H <sub>2</sub> O	0,38	0,3	0,37	Lu	0,11	Ta	0,00
CO <sub>2</sub>	0,05	0,1	<0,1	Rb	0,15	Zr	490

Примечание. Сиениты Верхней Ворыквы: 1–2 — центральная часть дайки; 3 — приконтактная часть дайки.

распространены гранитоиды конца позднего рифея, венда, раннего и среднего кембрия с ксенокристаллами цирконов, возраст которых 1 млрд лет и древнее (Кузнецов, Удоратина, 2007; Gee et al., 2000; Kuznetsov et al., 2014). Кроме того, в песчаниках из верхнедокембрийских толщ, распространенных в этом регионе, отмечены обломочные цирконы возрастом более 1 млрд лет (Андреичев и др., 2014; Кузнецов и др., 2010, 2013, 2015; Удоратина, 2015; Kuznetsov et al., 2014). Очевидно, что при прорыве этих комплексов глубинный щелочной расплав мог захватить содержащиеся в них древние цирконы.

Из отобранной нами пробы (У2/10) ультракалийевых пород (субвулканических щелочных сиенитов) центральной части изучаемой дайки была выделена монофракция калиевого полевого шпата (слабоупорядоченного санидина (Удоратина и др., 2015)), для которой получена <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датировка. Датирование проводилось методом ступенчатого нагрева (Травин и др., 2009). Результаты приведены в табл. 2 и на рис. 6. В возрастном спектре (рис. 5) выделяется надежное плато, характеризующееся 85,6% выделенного <sup>39</sup>Ar и возрастом 293,5±3,8 млн лет. На изохронной диаграмме для точек плато наблюдается линейная регрессия, для которой рассчитано значение возраста 293,1±4,5 млн лет, СКВО = 1,2, близкое к атмосферному значению начальное отношение (<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar)<sub>0</sub> = 329±49. Учיתי-

вая, что значения возраста плато и изохронная возрастная оценка согласуются между собой, можно предположить, что возраст закрытия K/Ar изотопной системы слабоупорядоченного санидина из субвулканических щелочных сиенитов пробы У2/10 составляет 293,5±3,8 млн лет. Наличие девитрифицированного стекла, структурное состояние калиевого полевого шпата (слабая упорядоченность санидина), а также наличие сростков скелетных кристаллов титаномагнетита указывают на быструю кристаллизацию породы и ее остывание в гипабиссальных условиях. Это означает, что полученная геохронологическая оценка должна соответствовать времени формирования породы, т.е. ее возрасту.

### Выводы

Исследованная порода, слагающая дайку, прорывающую базальты верхнедевонской яранской свиты на Среднем Тимане, сложена кристаллами калиевого полевого шпата (слабоупорядоченного санидина). В аксессуарных количествах в ней присутствуют апатит, титаномагнетит, ильменит и анатаз. Вторичные минералы представлены цеолитами и гидрослюдой. Минеральный состав и характер соотношения с вмещающими породами свидетельствуют о том, что изученные породы являются магматическими. По уровню кремнекислотности породы классифицируются как средние, по уровню

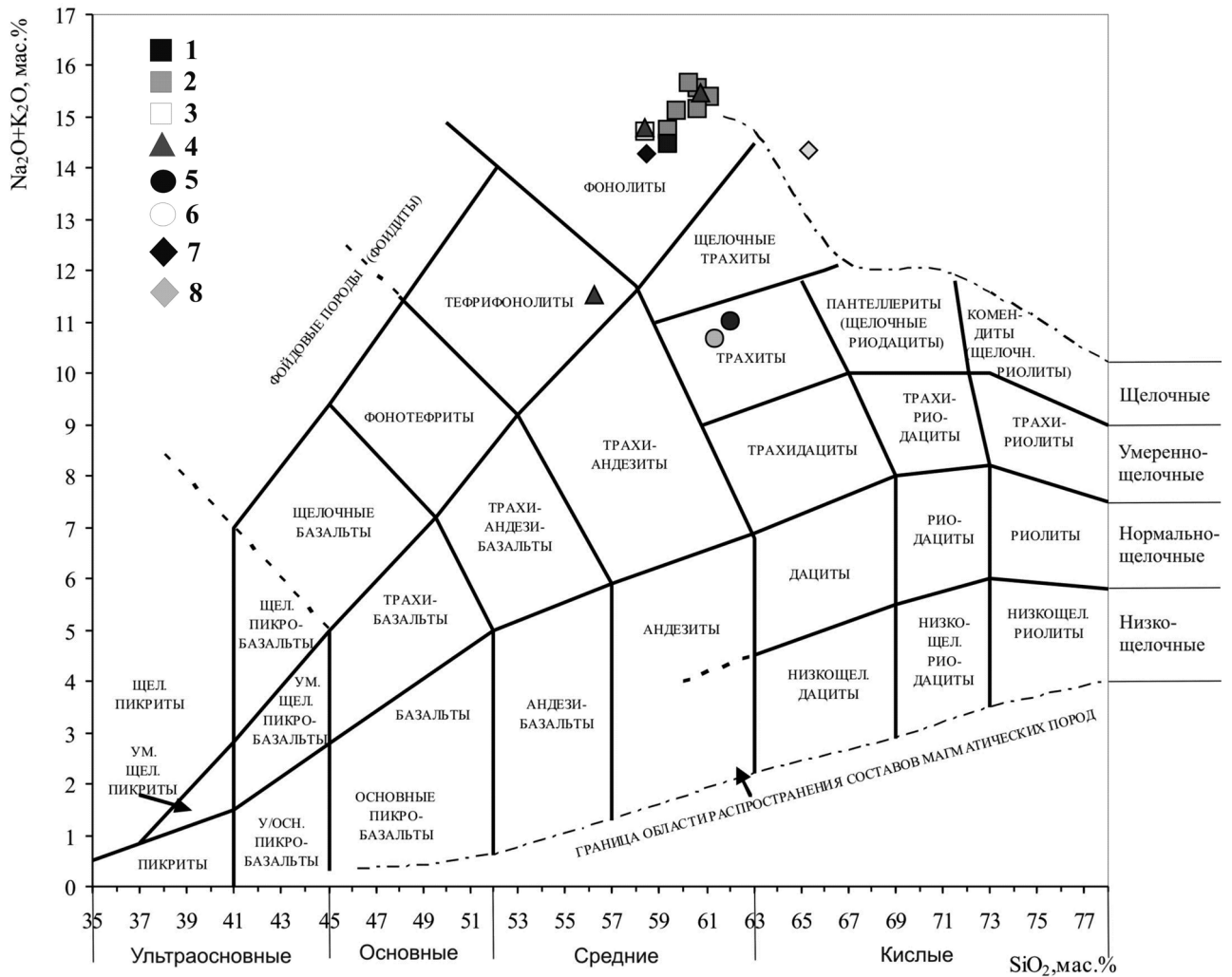


Рис. 3. Положение точек составов на диаграмме TAS: 1 — данные авторов; 2 — данные (Мальков и др., 2006); 3 — данные (Макеев и др., 2008); 4 — данные (Лебедев и др., 1998, неопубликованные материалы); 5 — средний состав щелочных сиенитов по Дели; 6 — бостониты; 7 — муруниты; 8 — трахиты В. Уганды

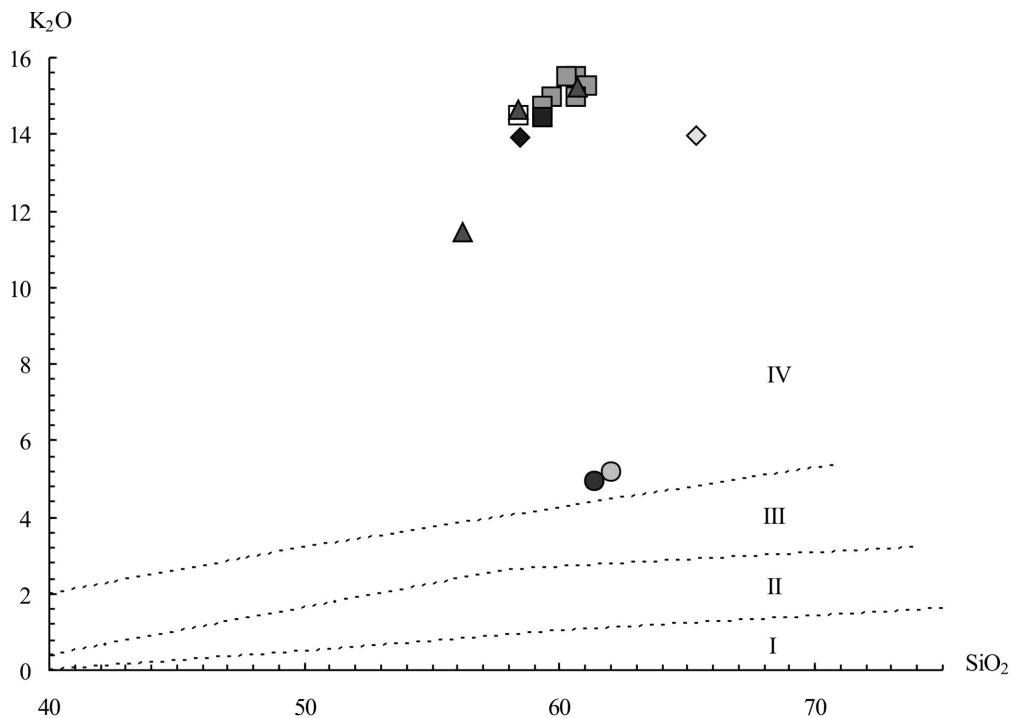


Рис. 4. Положение точек составов на диаграмме  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$

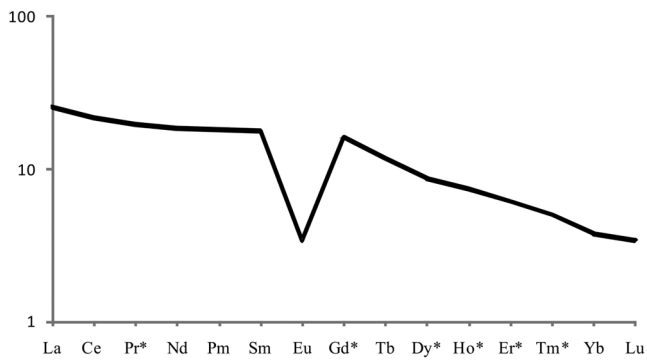


Рис. 5. Спектр распределения РЗЭ в исследуемых породах (нормировано на хондрит С1)

щелочности — как щелочные. В целом по петрохимическим особенностям породы могут быть классифицированы как близкие к фолонитам калиевые щелочные сиениты; по фаціальным условиям — как гипабиссальные. Формирование дайки калиевых щелочных сиенитов произошло в раннепермское время ( $293,5 \pm 3,8$  млн лет). Полученная возрастная оценка в целом близка более ранним К-Аг валовым определениям изотопного возраста этих пород и позволяет говорить о проявлении на Среднем Тимане раннепермского импульса ультракалиевого магматизма. Щелочной магматизм сходного возраста и характера проявлен также на севере Урала и Пай-Хое (Пучков, 2012). В конце палеозоя на Среднем Тимане, как и во всем Тимано-Печорском регионе (за исключением его Приуральской части), господствовали платформенные условия. Раннепермский импульс ультракалиевого магматизма может указывать на существование в это время

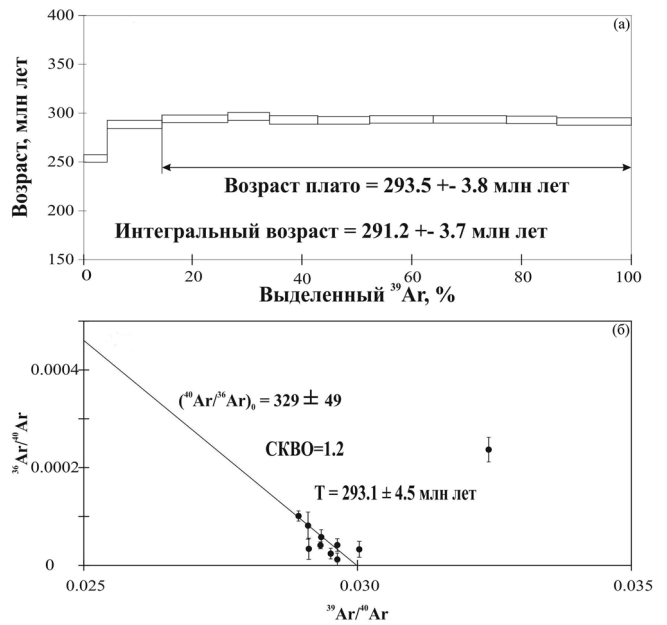


Рис. 6. Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования методом ступенчатого прогрева для слабоупорядоченного санидина образца У2/10: возрастная спектр (а), изохронная диаграмма (б)

в регионе глубоких (подкоровых) очагов магмогенерации. В геотектоническом контексте проявления высококалиевого щелочного магматизма могут быть, по-видимому, связаны с завершающими эпизодами рифтогенной стадии развития региона, маркируемой базальтами с возрастом  $389 \pm 8$  млн лет.

Авторы выражают благодарность И.Ф. Любинскому за содействие в организации полевых исследований и Н.Б. Кузнецову за замечания к рукописи, способствовавшие ее улучшению.

Таблица 2

Результаты  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования для слабоупорядоченного санидина образца У2/10

T°C	t (мин)	$^{40}\text{Ar}(\text{STP})$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$\pm 1\sigma$	Ca/K	$\Sigma^{39}\text{Ar}$ (%)	Возраст (млн лет) $\pm 1\sigma$	
навеска 22,3 мг, $J = 0,005256 \pm 0,000072$ ; интегральный возраст = $291,2 \pm 3,7$ млн лет; возраст плато ( $625-1130^\circ\text{C}$ ) = $293,5 \pm 3,8$ млн лет														
500	10	$41,5 \cdot e^{-9}$	30,868	0,030	0,02290	0,00089	0,0086	0,0226	0,00728	0,00077	0,0309	4,3	253,6	3,8
575	10	$106,1 \cdot e^{-9}$	33,291	0,026	0,01879	0,00011	0,0139	0,0045	0,00104	0,00055	0,0499	14,4	288,4	3,9
625	10	$128,6 \cdot e^{-9}$	34,098	0,017	0,02030	0,00032	0,0020	0,0072	0,00134	0,00025	0,0072	26,3	294,2	3,8
675	10	$82,8 \cdot e^{-9}$	34,349	0,028	0,01938	0,00077	0,0016	0,0126	0,00112	0,00075	0,0059	33,9	296,8	4,2
750	10	$95,9 \cdot e^{-9}$	34,362	0,034	0,02078	0,00073	0,0300	0,0052	0,00274	0,00095	0,1079	42,7	293,0	4,4
825	10	$102,0 \cdot e^{-9}$	34,071	0,022	0,02005	0,00030	0,0295	0,0080	0,00191	0,00054	0,1061	52,2	292,7	3,9
900	10	$123,8 \cdot e^{-9}$	33,875	0,018	0,02068	0,00053	0,0239	0,0075	0,00076	0,00038	0,0861	63,8	293,8	3,8
975	10	$143,1 \cdot e^{-9}$	33,736	0,018	0,02035	0,00034	0,0000	0,0038	0,00035	0,00042	0,0002	77,2	293,7	3,8
1050	10	$100,0 \cdot e^{-9}$	34,574	0,017	0,01974	0,00020	0,0020	0,0067	0,00344	0,00037	0,0073	86,4	293,1	3,8
1130	10	$145,2 \cdot e^{-9}$	33,743	0,019	0,02062	0,00021	0,0100	0,0040	0,00135	0,00044	0,0361	100,0	291,3	3,8

\* J — параметр, характеризующий величину нейтронного потока.

## ЛИТЕРАТУРА

- Андреичев В.Л., Соболева А.А., Герелс Д. U-Pb возраст и источники сноса обломочных цирконов из верхнедокембрийских отложений Северного Тимана // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22, № 2. С. 32–45.
- Колониченко Е.В., Филиппов В.Н. Малые сульфидные руды Среднего Тимана // Вестн. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. 2009. № 3. С. 10–13.
- Кузнецов Н.Б., Алексеев А.С., Белоусова Е.А. и др. Первые результаты U/Pb-изотопного датирования (LA-ICP-MS) детритных цирконов из нижнекембрийских песчаников брусовской свиты Юго-Восточного Беломорья: уточнение времени коллизии Балтики и Арктиды // Докл. АН. 2015. Т. 460, № 3. С. 310–314.
- Кузнецов Н.Б., Натанов Л.М., Белоусова Е.А. и др. Первые результаты U/Pb-датирования и изотопно-геохимического изучения детритных цирконов из позднедокембрийских песчаников Южного Тимана (увал Джежим-Парма) // Докл. АН. 2010. Т. 435, № 6. С. 798–805.
- Кузнецов Н.Б., Соболева А.А., Миллер Э.Л. и др. Первые U/Pb-датировки детритных цирконов из песчаников среднего и верхнего палеозоя Полярного Урала: тестирование региональных тектонических моделей // Докл. АН. 2013. Т. 451, № 2. С. 183–188.
- Кузнецов Н.Б., Удоратина О.В. Возраст и геодинамические условия формирования позднедокембрийских гранитоидов Вангырского массива, Приполярный Урал // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82, вып. 2. С. 3–12.
- Макеев А.Б., Лебедев В.А., Брянцианова Н.И. Магматиты Среднего Тимана. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 348 с.
- Мальков Б.А. Герцинский бостонитовый комплекс Среднего Тимана // Геология европейского севера России. № 4. Тр. Ин-та геол. Коми НЦ РАН. Вып. 103. Сыктывкар, 1999. С. 43–47.
- Мальков Б.А., Филиппов В.Н., Швецова И.В. Тиманит — уникальная высокотитанистая ультракалиевая разновидность трахита: Средний Тиман, поздний палеозой // Вестн. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. 2006. № 2. С. 13–21.
- Петрографический кодекс России. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
- Пучков В.Н. Дайковые рои Урала и ассоциирующие с ними магматические комплексы // Геотектоника. 2012. № 1. С. 42–52.
- Травин А.В., Юдин Д.С., Владимиров А.Г. и др. Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхонский регион. Западное Прибайкалье) // Геохимия. 2009. № 11. С. 1181–1199.
- Удоратина О.В. U-Pb датирование детритных цирконов из песчаников новобобровской свиты (Средний Тиман) // Геохронология и рудоносность докембрия и фанерозоя (к 110 годовщине со дня рождения академика АН УССР Семеновко Николая Пантелеймоновича): Сб. тез. науч. конф. с межд. участием. Киев: Ин-т геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины, 2015. С. 66–67.
- Удоратина О.В., Андреичев В.Л., Травин А.В., Саватенков В.М. Базальты Среднего Тимана: Rb-Sr, Sm-Nd и Ar-Ar данные // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Мат-лы XVI Геологического съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. С. 128–131.
- Удоратина О.В., Варламов Д.А., Капитанова В.А., Ронкин Ю.Л. Ультракалиевые породы нижней части Верхне-Ворыквинского базальтового покрова (Средний Тиман) // Вестн. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. 2015а. № 2. С. 17–22.
- Удоратина О.В., Куликова К.В., Варламов Д.А. и др. Калиевый полевой шпат сиенитов (Средний Тиман) // Вестн. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. 2015б. № 10. С. 11–16.
- Gee D.G., Beliakova L., Pease V. et al. New single zircon (Pb-evaporation) ages from Vendian intrusions in the basement beneath the Pechora Basin, Northeastern Baltica // Polarforschung. 2000. Vol. 68. P. 161–170.
- Haggerty S.E. Oxide textures — a mini-atlas // Oxide minerals: petrologic and magnetic significance. Rev. in Mineral. 1991. Vol. 25. P. 129–220.
- Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Alekseev A.S., Romanyuk T.V. New data on detrital zircons from the sandstones of Lower Cambrian Brusov Formation (White-Sea region, East-European craton): unraveling the timing of the onset of the Arctida-Baltica collision // Intern. Geol. Rev. 2014. Vol. 56, N 16. P. 1945–1963.
- Udoratina O.V., Varlamov D.A., Kulikova K.V., Savel'ev V.P. Ultrapotassium volcanites and native oxide mineralization in them (South Timan) // Geochemistry of magmatic rocks. XXIX International conference. Ore potential of alkaline, kimberlite and carbonatite magmatism. School "Geochemistry of alkaline rocks". Sudak; Moscow, 2012. P. 118–120.

**Сведения об авторах:** Удоратина Оксана Владимировна — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО, e-mail: udoratina@geo.komisc.ru; Травин Алексей Валентинович — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр. ИГМ СО РАН, e-mail: travin@igm.nsc.ru; Куликова Ксения Викторовна — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр. Ин-та геологии Коми НЦ УрО, e-mail: kulikova@geo.komisc.ru; Варламов Дмитрий Анатольевич — канд. геол.-минерал. наук, науч. сотр. ИЭМ РАН, e-mail: dima@icm.ac.ru