

Базальты и долериты Среднего Тимана: новые данные

Удоратина О. В.^{*}, Исакова А. М.^{*},
Андреичев В. Л.^{*}, Травин А. В.^{***},
Саватенков В. М.^{****}, Анферова Е. А.^{*****}

^{*} ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,

г. Сыктывкар

^{**} Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН,

г. Новосибирск

^{***} Новосибирский государственный технический университет,

г. Новосибирск

^{****} Институт геологии и геохронологии докембрия,

г. Санкт-Петербург

^{*****} Санкт-Петербургский государственный университет,

г. Санкт-Петербург

^{*****} Министерство природных ресурсов

и экологии Республики Коми,

г. Сыктывкар

taykey@yandex.ru

alex.sch92@yandex.ru

izo@geo.komisc.ru

travin@igm.nsc.ru

v.m.savatenkov@ipgg.ru

Аннотация

Исследованы базальты Вежаю-Ворыквинского покрова (D_{3vl}) и долериты даек канино-тиманского комплекса (D_{2-3kt}) Среднего Тимана. Приведены новые минералогическо-петрографические, петрогеохимические, геохронологические ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}_{pl}$) и изотопно-геохимические (Sm-Nd, Rb-Sr) данные. В минералогическо-петрографическом и петро-геохимическом составах пород не обнаружены заметные отличия. Базальты и долериты сложены единым комплексом минералов, отличие в структурных особенностях, контрастности составов зональности минералов, особенностях рудных и акцессорных минералов. Химический состав пород однороден и типичен для основных вулканических пород подотряда нормальнощелочных. Возраст долеритов канино-тиманского комплекса, выполняющих дайковые тела, подводящие каналы для базальтов, слагающих Вежаю-Ворыквинский покров, составляет 392 ± 7 млн лет. Породы по своим характеристикам соответствуют внутриплитным образованиям. На мантийный источник ($\epsilon\text{Nd}(t) = +3,8$ – $+4,1$, Th/Nb (0,22–0,29)) оказывал влияние коровый компонент (отрицательные аномалии по Nb, Ta, низкие значения Ce/Pb (2,3–9,15), высокие значения Th/Ce (0,07–0,08) и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,708–0,710).

Ключевые слова:

базальты, долериты, Средний Тиман, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -метод

Basalts and dolerites of the Middle Timan: new data

Udoratina O. V.^{*}, Isakova A. M.^{*}, Andreichev V. L.^{*},
Travin A. V.^{***}, Savatenkov V. M.^{****},
Anferova E. A.^{*****}

^{*} Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS,

Syktывkar

^{**} Institute of Geology and Mineralogy named after V. S. Sobolev SB

RAS, Novosibirsk

^{***} Novosibirsk State Technical University,

Novosibirsk

^{****} Institute of Precambrian Geology and Geochronology,

Saint-Petersburg

^{*****} Saint-Petersburg State University,

Saint-Petersburg

^{*****} Ministry of Natural Resources and Environment of the Komi

Republic,

Syktывkar

taykey@yandex.ru

alex.sch92@yandex.ru

izo@geo.komisc.ru

travin@igm.nsc.ru

v.m.savatenkov@ipgg.ru

Abstract

Basalts of the Vezhayu-Vorykva nappe (D_{3vl}) and dolerites of dikes of the Kanin-Timan complex (D_{2-3kt}) of the Middle Timan have been studied. The paper highlights new mineralogical-petrographic, petrogeochemical, geochronological ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}_{pl}$), and isotopic-geochemical (Sm-Nd, Rb-Sr) data. No significant differences have been found in the mineralogical-petrographic and petrogeochemical composition of the rocks. Basalts and dolerites are composed of a single complex of minerals; differences arise in structure, contrasting compositions of mineral zones and particularities of ore and accessory minerals. The chemical composition of the rocks is homogeneous and typical of basic volcanic rocks of the normal-alkaline suborder. The age of dolerites of the Kanin-Timan complex, which fill dike bodies feeding channels for basalts that make up the Vezhayu-Vorykva nappe, is 392 ± 7 Ma. By characteristics, the rocks correspond to intraplate formations. The mantle source ($\epsilon\text{Nd}(t) = +3,8$ – $+4,1$, Th/Nb (0.22–0.29)) was affected by the crustal component (negative anomalies for Nb and Ta, low Ce/Pb values (2.3–9.15), high Th/Ce values (0.07–0.08) and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0.708–0.710)).

Keywords:

basalts, dolerites, Middle Timan, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method

Введение

Покровные базальты, развитые в пределах рек Вежаю и Ворыквы на Среднем Тимане, отнесены предшественниками к одноименному покрову. На данной территории также распространены дайки долеритов, являющиеся подводными каналами покровных фаций. Базальты покрова и долериты даек исследованы благодаря открытию и многолетнему изучению месторождений бокситов в конце прошлого века. Результаты исследований основных пород отражены в многочисленных отчетах и редких публикациях [1–11]. В целом, породы Вежаю-Ворыквинского покрова относятся к позднедевонскому этапу магматизма, установленному на всей территории Канино-Тиманского региона. В результате данного этапа произошло излияние больших объемов базальтовой магмы не только на Среднем Тимане, но и на Северном, а также внедрение множества даек и силлов долеритов на п-ове Канин и Южном Тимане.

Вулканические породы рассматриваются в составе вулканогенно-осадочных отложений валсовской свиты (D_3^{VI}) джьерского горизонта верхнего девона [12]. Гипабиссальные породы (дайки-подводящие каналы) выделены в позднедевонский канино-тиманский гипабиссальный долеритовый комплекс [12, 13].

Раннефранский возраст установлен по залеганию покровов, потоков и слоев вулканогенно-осадочных пород в толще палеонтологически охарактеризованных отложений джьерского горизонта верхнего девона [3] и подтвержден немногочисленными K-Ar данными 151, 153, 204, 239, 263, 344, 541 млн лет [14, с. 67–68].

Установлен Sm-Nd изохронный возраст базальтов Вымско-Вольской гряды (порода+клинопироксен+плагиоклаз), равный 383 ± 38 млн лет [15] и соответствующий границе среднего-верхнего девона современной шкалы геологического времени.

Формирование гипабиссальных и вулканических пород происходило при кратковременных импульсах во время формирования прибрежно-морских осадочных отложений на участках островной суши в зонах растяжения, сформированных при рифтогенных процессах на западной (Тиманской) окраине Уральского палеоокеана в девонском периоде [1, 3, 10].

Материалы и методы

Образцы для исследований отобраны в 2010 и 2013 гг. при проведении тематических работ в пределах двух карьеров, заложенных при вскрытии Вежаю-Ворыквинской группы бокситовых месторождений на Среднем Тимане в верховьях рек Верхней Ворыквы и Вежаю (рис. 1; 2 а–г). Опробованы разноуровневые участки разных стенок от подошвенной части к кровле: 0–15 м (рис. 2). Всего отобрано 25 образцов, большей частью охарактеризованных минералого-петрографическими и петрогеохимическими данными.

Для изотопных ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) исследований была выделена монофракция неизмененного плагиоклаза из долеритов, отобранных в керне скважины SRK-8 (гл. 38–32 м).

В основном исследования проведены в ЦКП «Геонаука», г. Сыктывкар. Изготовлены петрографические шлифы и шлифы на эпоксидной основе. Петрографическое описание шлифов проведено на поляризационном микроскопе Olympus BX51. Микрозондовые исследования осуществлены на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 LMN с энергодисперсным спектрометром X-Max. Для пересчетов химического состава минералов использованы метод расчета формул минералов по катионам [17] и программа *make minerals*. Химический состав пород изучен классическим химическим методом, при интерпретации данных использованы программы *magma* и *Ispet*.

Содержание редких и редкоземельных элементов получено методом ICP MS (Центральная лаборатория Института им. Карпинского, г. Санкт-Петербург). Изотопные исследования Rb-Sr системы проведены в ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар; изотопные исследования $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ – методом ступенчатого прогрева в ИГМ СО РАН, г. Новосибирск по методике, изложенной в работе [18]; исследования Sm-Nd изотопной системы – в ИГД РАН, г. Санкт-Петербург.

Результаты и их обсуждение

В районе действующего рудника «Бокситы Тимана» и сопутствующего базальтового карьера (заложенного для отсыпки дорог) обнажена центральная часть Вежаю-Ворыквинского покрова (рис. 1). Весь покров имеет площадь выхода на поверхность $>500 \text{ км}^2$, что указывает на излияния больших объемов основной магмы. Согласно геологическим разрезам, мощность базальтового покрова составляет 15 м (рис. 2 а–г).

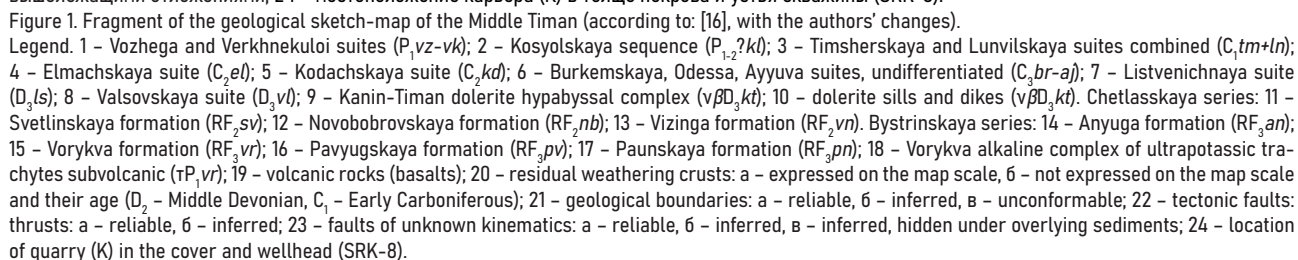
Опробованы вскрытые части покрова базальтов (в центральной части долеритов) мощностью от 0 до 15 м на протяжении 150 м. Наблюдаемые в стенках базальтового карьера породы обнаруживают крайнюю неоднородность, выраженную на различных участках концентрически-скорлуповатой отдельностью, либо спутано-столбчатой, либо столбчатой, нередко породы брекчированы (рис. 2 в–г) [19].

Подошвенная часть покрова осложнена внедрением по контакту с нижними подстилающими карбонатными породами ультракалийевых щелочных пород, возраст формирования которых составляет 320–300 млн лет [20, 21]. Породы в кровле покрова не отражают характерные для верхних частей покровов признаки, не наблюдаются миндалекаменные текстуры, возможно, часть кровли была эродирована.

Базальты нижней части покрова соответствуют 0–5 м, центральной части покрова – 5–10 м разреза, верхней части покрова – 10–15 м.

Минералого-петрографическая характеристика

Базальты покрова (в центральной части – долериты) представляют собой породы от темно-серого до черного цвета. Текстура пород – массивная, мелкозернистая; структура порфировая, интерсертальная, офитовая (рис. 3 а–в; 4 а–б). Минеральный состав (%): плагиоклаз – 15–45, вкрапленники пироксена (авгит, титанавгит) – 5–30,



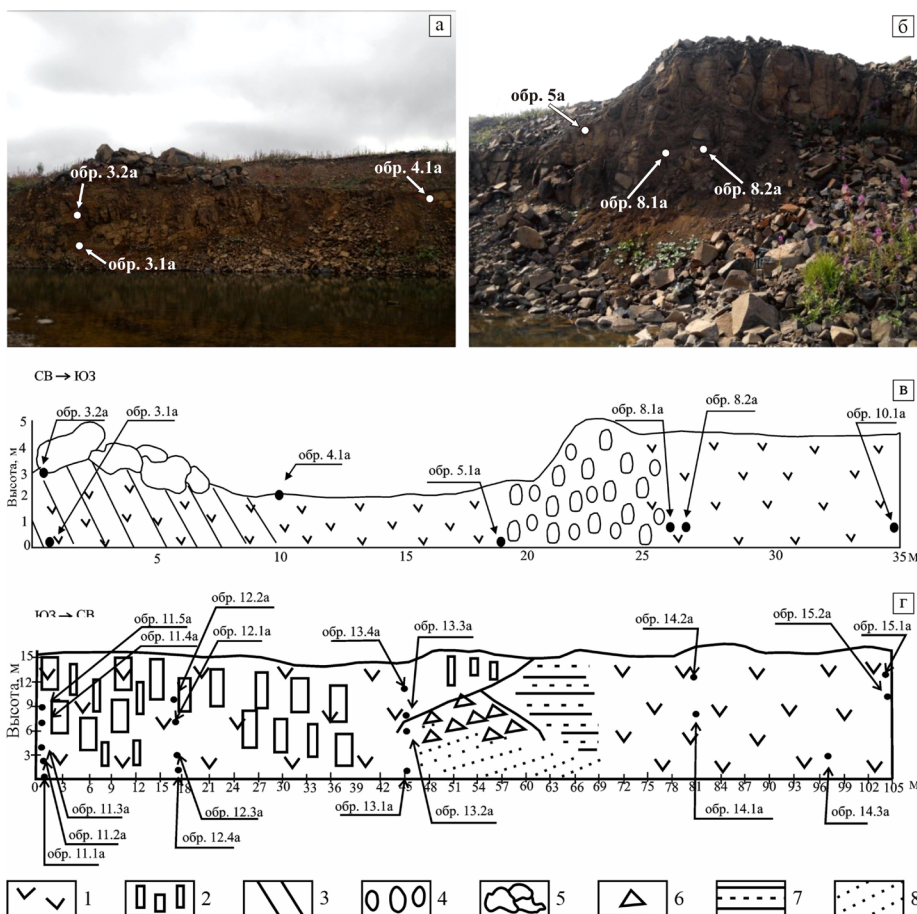


Рисунок 2. Фото вскрытых стенок «Базальтового» карьера: а – общий вид (т. н. 3–4), б – деталь строения разреза (т. н. 5–8) с отмеченными точками наблюдения и опробования, в-г – схематический геологический разрез базальтового покрова, вскрытого в СВ-ЮЗ стенке базальтового карьера.

Условные обозначения. Базальты: 1 – массивные; 2 – со столбчатой отдельностью; 3 – спутанно-столбчатой отдельностью; 4 – с псевдоподушечной отдельностью; 5 – глыбы базальтов; 6 – роговик; 7 – бокситы; 8 – осыпь.

Figure 2. Photographs of exposed walls of Bazaltovy quarry: а – general view (observation points 3–4), б – detail of the section structure (observation points 5–8) with marked observation and sampling points, в-г – schematic geological section of the basalt cover exposed in the northeastern-southwestern wall of the basalt quarry. Keys. Basalts: 1 – massive; 2 – with columnar jointing; 3 – with tangled columnar jointing; 4 – with pseudo-pilow jointing; 5 – basal blocks; 6 – hornfels; 7 – bauxites; 8 – scree.

пироксен+плагиоклаз матрикса – 15–65, рудный минерал (Ti-Mgt+Ilm) – 10, стекло (палагонит) – 5–30. Порфиновые вкрапленники представлены зональным пироксеном (0,5–2,5 мм) и плагиоклазом (1,5–3,0 мм), таблитчатой, широко таблитчатой и лейстовой формами (рис. 3 а-и). Основная масса сложена удлиненными кристаллами плагиоклаза и клинопироксена. Плагиоклаз встречается двух видов: зональный и не зональный (табл. 1; рис. 4 а; 5 а-з). В *нижней* части разреза (0–3 м) зональный плагиоклаз соответствует в центральных частях зерен лабрадору и битовниту, а в краевых – андезину, не зональный плагиоклаз соответствует андезину. В *средней* части разреза (4–7 м) зональный плагиоклаз представлен в центре зерен лабрадором и битовнитом, а в краевых – лабрадором, не зональный плагиоклаз соответствует лабрадору. В *верхней* части разреза центральные зоны зерен плагиоклаза слагают битовнит и лабрадор, а краевые части – лабрадор и андезин. Клинопироксен формирует вкрапленники и наряду с плагиоклазом слагает основную массу породы. Имеет как четко выраженное зональное строение, так

магнетите (рис. 3 р-х; 5 и-н; 6 е-ж). Вулканическое стекло имеет изометричную, амебообразную форму, в параллельных николях коричневого или желтовато-коричневого цвета. Часто стекло замещено вторичными минералами (палагонит). При микрозондовых исследованиях наблюдаются неоднородности в составе стекла (рис. 3 к-п; 5 о-р).

Долерит дайки (SRK-8) имеет темно-серый до черного цвет, массивную текстуру и офитовую, интерсертальную, порфировую микроструктуру, обусловленную наличием вкрапленников плагиоклаза и пироксена. Порфиновые вкрапленники представлены плагиоклазом и клинопироксеном. Плагиоклаз установлен в виде лейст размером до 1 мм (рис. 6 а-г). В скрещенных николях хорошо видны полисинтетические двойники, погасание неравно, зональное. По химическому составу минерал соответствует в центре лабрадору или битовниту, а по краям – лабрадору или андезину. Клинопироксен формирует кристаллы изометричной или удлиненной, таблитчатой формы до 1 мм (рис. 5 а, б). В скрещенных николях минерал имеет

и не зональное (табл. 2; рис. 4 б; 5 а-з). Центральные зоны пироксена *подошвенной* части (0–3 м), по данным микрозондового анализа, представлены авгитом и магнезиальным пижонитом, а краевые части – авгитом, ферроавгитом, субкальциевым авгитом и ферроавгитом, промежуточным пижонитом. Не зональные пироксены соответствуют железистому пижониту и ферроавгиту. Центральные зоны *средней* части стенки карьера (4–7 м) представлены авгитом, а краевые – авгитом, промежуточным пижонитом, субкальциевым авгитом и ферроавгитом. Центральные зоны *кровли* (8–12 м) представлены авгитом и магнезиальным пижонитом, а краевые части – ферроавгитом. Не зональные пироксены – субкальциевый авгит, субкальциевый ферроавгит и авгит. Рудный минерал представлен титаномагнетитом прямоугольной, треугольной, изометричной, угловатой формами, также встречаются скелетные кристаллы (размер – 0,33 мм). В параллельных и скрещенных николях титаномагнетит имеет черную окраску. При микрозондовых исследованиях наблюдаются структуры распада различной формы, представленные ламеллами ильменита в титано-

Таблица 1

Химический состав и формульные коэффициенты (мас., %) плагиоклазов базальтов и долеритов

Table 1

Chemical composition and formula coefficients (wt., %) of plagioclases of basalts and dolerites

№ обр.	12-4А	12-4А	12-4А	12-4А	12-4А	12-4А	12-4А	12-4А
Высота отбора	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м
т.н.	кр.	ц.	кр.	ц.	ц.	кр.	ц.	кр.
SiO ₂	57,55	55,29	56,63	50,52	50,01	56,57	50,49	57,10
Al ₂ O ₃	26,51	27,66	26,52	30,88	31,09	27,07	30,47	26,15
CaO	8,74	10,57	9,29	14,13	14,33	9,72	14,00	8,74
Na ₂ O	6,16	5,09	5,74	3,34	3,20	5,68	3,41	6,02
K ₂ O	0,38	0,28	0,37	-	-	0,32	0,12	0,41
Формульные коэффициенты								
Si	2,60	2,53	2,59	2,33	2,31	2,56	2,33	2,61
Al	1,41	1,49	1,43	1,68	1,69	1,45	1,66	1,41
Ca	0,42	0,52	0,45	0,70	0,71	0,47	0,69	0,43
Na	0,54	0,45	0,51	0,30	0,29	0,50	0,31	0,53
K	0,02	0,45	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02
Ап _N	42	52	45	70	71	47	69	43
Название	Андезин	Лабрадор	Андезин	Лабрадор	Битовнит	Андезин	Лабрадор	Андезин
№ обр.	3-1А	3-1А	3-1А	3-1А	3-1А	3-1А	3-1А	3-1А
Высота отбора	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м
т.н.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.
SiO ₂	50,00	58,06	50,20	58,60	49,53	57,24	52,98	58,27
Al ₂ O ₃	30,99	26,59	30,59	26,20	31,44	27,15	29,06	26,17
CaO	14,51	9,16	14,16	8,61	14,86	9,84	12,36	8,61
Na ₂ O	3,12	5,94	3,20	6,31	2,89	5,46	4,09	6,33
K ₂ O	-	0,33	-	0,36	0,15	0,29	0,18	0,35
Формульные коэффициенты								
Si	2,31	2,61	2,33	2,63	2,29	2,58	2,44	2,62
Al	1,69	1,41	1,67	1,39	1,71	1,44	1,58	1,39
Ca	0,72	0,44	0,70	0,41	0,73	0,48	0,61	0,42
Na	0,28	0,52	0,29	0,55	0,26	0,48	0,36	0,55
K	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Ап _N	72	44	70	41	73	48	61	42
Название	Битовнит	Андезин	Лабрадор	Андезин	Битовнит	Андезин	Лабрадор	Андезин
№ обр.	3-1А	3-1А	11-2А	3-1А	11-2А	3-1А	11-2А	3-1А
Высота отбора	0 м	0 м	2 м	2 м	2 м	2 м	2 м	2 м
т.н.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.
SiO ₂	51,37	57,50	52,27	59,40	52,32	58,28	51,48	57,77
Al ₂ O ₃	30,81	26,06	29,48	25,13	29,17	26,41	29,78	26,64
CaO	13,85	9,10	12,70	7,33	12,69	8,77	13,42	8,91
Na ₂ O	3,37	5,95	3,97	6,73	3,96	6,14	3,63	6,16
K ₂ O	-	0,39	0,14	0,49	0,19	0,41	0,13	0,34
Формульные коэффициенты								
Si	2,36	2,61	2,41	2,69	2,42	2,62	2,38	2,60
Al	1,66	1,40	1,60	1,34	1,59	1,40	1,62	1,41
Ca	0,68	0,44	0,63	0,36	0,63	0,42	0,66	0,43
Na	0,30	0,52	0,35	0,59	0,35	0,53	0,33	0,54
K	0,00	0,02	0,01	0,59	0,01	0,02	0,01	0,02
Ап _N	68	44	63	36	63	42	66	54
Название	Лабрадор	Андезин	Лабрадор	Андезин	Лабрадор	Андезин	Лабрадор	Лабрадор
№ обр.	11-2А	11-2А	11-4А	11-4А	11-4А	11-4А	11-4А	11-4А
Высота отбора	2 м	2 м	7 м	7 м	7 м	7 м	7 м	7 м
т.н.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.
SiO ₂	51,04	56,87	51,20	54,23	52,22	52,59	52,78	52,00
Al ₂ O ₃	30,31	26,26	30,50	28,24	29,80	29,37	29,26	29,42
CaO	13,66	9,03	14,00	11,05	13,03	12,53	12,36	12,74

Na ₂ O	3,76	5,93	3,51	4,99	3,95	4,21	4,26	3,93
K ₂ O	0,14	0,34	0,13	0,26	0,09	0,17	0,19	0,15
Формульные коэффициенты								
Si	2,34	2,60	2,35	2,48	2,39	2,41	2,42	2,40
Al	1,64	1,41	1,65	1,52	1,61	1,59	1,58	1,60
Ca	0,67	0,44	0,69	0,54	0,64	0,62	0,61	0,63
Na	0,33	0,53	0,31	0,44	0,35	0,37	0,38	0,35
K	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Ап _N	67	44	69	54	64	62	61	63
Название	Лабрадор	Андезин	Лабрадор	Лабрадор	Лабрадор	Лабрадор	Лабрадор	Лабрадор
№ обр.	11-4А	11-4А	12-2А	12-2А	12-2А	12-2А	12-2А	12-2А
высота отбора	7 м	7 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м
т.н.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.
SiO ₂	51,58	50,78	50,97	54,21	50,00	54,04	50,62	53,52
Al ₂ O ₃	29,90	30,15	30,48	28,22	30,83	28,71	30,59	28,50
CaO	13,49	13,65	13,95	11,38	14,39	11,79	14,08	11,80
Na ₂ O	3,63	3,47	3,41	4,69	3,10	4,45	3,42	4,41
K ₂ O	-	0,20	0,14	0,20	0,10	0,19	-	0,20
Формульные коэффициенты								
Si	2,38	2,35	2,35	2,49	2,32	2,47	2,34	2,47
Al	1,63	1,65	1,65	1,53	1,68	1,55	1,66	1,55
Ca	0,67	0,68	0,69	0,56	0,71	0,58	0,70	0,58
Na	0,32	0,31	0,30	0,42	0,28	0,39	0,31	0,39
K	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
Ап _N	67	68	69	56	71	58	70	58
Название	Лабрадор	Лабрадор	Лабрадор	Лабрадор	Битовнит	Лабрадор	Лабрадор	Лабрадор
№ обр.	12-2А	12-2А	12-2А	12-2А	11-5А	11-5А	11-5А	11-5А
Высота отбора	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м
т.н.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	край
SiO ₂	50,67	49,45	49,02	49,03	50,39	57,78	51,12	56,53
Al ₂ O ₃	30,80	31,15	30,82	31,49	31,40	26,35	30,59	26,75
CaO	14,30	14,80	14,83	15,07	14,69	9,06	13,91	9,91
Na ₂ O	3,38	2,96	2,78	2,65	3,03	5,78	3,67	5,33
K ₂ O	-	0,10	0,10	-	-	0,31	-	0,31
Формульные коэффициенты								
Si	2,33	2,29	2,30	2,28	2,31	2,62	2,34	2,58
Al	1,67	1,70	1,70	1,73	1,70	1,41	1,65	1,44
Ca	0,70	0,73	0,74	0,75	0,72	0,44	0,68	0,49
Na	0,30	0,27	0,25	0,24	0,27	0,51	0,33	0,47
K	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
Ап _N	70	73	74	75	72	44	68	49
Название	Лабрадор	Битовнит	Битовнит	Битовнит	Битовнит	Андезин	Лабрадор	Андезин
№ обр.	11-5А	11-5А	11-5А	11-5А	11-5А	11-5А	2А	2А
Высота отбора	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	- 38-32 м	- 38-32 м
т.н.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.
SiO ₂	49,96	57,32	50,76	56,70	50,03	58,64	51,05	57,93
Al ₂ O ₃	31,05	26,53	30,06	26,20	32,12	27,66	30,24	26,65
CaO	14,65	9,31	13,73	9,38	14,86	9,91	13,79	8,63
Na ₂ O	2,92	5,57	3,49	5,61	3,02	5,83	3,51	6,24
K ₂ O	-	0,28	-	0,32	-	0,27	0,13	0,46
Формульные коэффициенты								
Si	2,32	2,61	2,36	2,60	2,28	2,58	2,35	2,60
Al	1,70	1,42	1,65	1,42	1,73	1,44	1,64	1,41
Ca	0,73	0,45	0,68	0,46	0,73	0,47	0,68	0,42
Na	0,26	0,49	0,31	0,50	0,27	0,50	0,31	0,54
K	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,03
Ап _N	73	45	68	46	73	47	68	42
Название	Битовнит	Андезин	Лабрадор	Андезин	Битовнит	Андезин	Лабрадор	Андезин

№ обр.	2А	2А	2А	2А	2А	2А		
высота отбора	- 38-32 м	- 38-32 м	- 38-32 м	- 38-32 м	- 38-32 м	- 38-32 м		
т.н.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.		
SiO ₂	51,18	57,32	49,38	54,64	49,98	50,04		
Al ₂ O ₃	30,22	26,05	31,05	28,53	31,27	30,51		
CaO	13,53	8,66	14,59	10,83	14,47	14,27		
Na ₂ O	3,56	6,23	3,01	4,84	3,23	3,21		
K ₂ O	-	0,44	0,15	0,37	0,11	0,09		
Формульные коэффициенты								
Si	2,37	2,61	2,29	2,49	2,30	2,33		
Al	1,65	1,40	1,70	1,53	1,69	1,67		
Ca	0,67	0,42	0,73	0,53	0,71	0,71		
Na	0,32	0,55	0,27	0,43	0,29	0,29		
K	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01		
An _N	67	42	73	53	71	71		
Название	Лабрадор	Андезин	Битовнит	Лабрадор	Битовнит	Битовнит		

Примечание. Здесь и далее. «-» – нет данных.

Условные обозначения. Обр. – образец; ц. – центр; кр. – край; An_N – номер плагиоклаза.

Note. Hereinafter. “-” – no data.

Keys. Обр. – sample, ц. – centre, кр. – margin, AnN – plagioclase number.

высокие цвета интерференционной окраски в голубовато-розовой гамме. Основная масса породы представлена микролитами плагиоклаза и зернами пироксена (до 1 мм). При микронзондовых исследованиях обнаружено, что центральные части зональных кристаллов пироксена сложены авгитом или Mg пижонитом, а краевые – ферроавгитом, субкальциевым авгитом, Fe пижонитом. Магнезиальность меняется от центра зерен к краю. Акцессорные минералы представлены мелкими (первые мкм) кристаллами циркона и монацита (рис. 6 д, ж). Рудный минерал – титаномagnetит, имеет черную окраску и различную форму кристаллов: вытянуто-угловатую, неправильные. Размеры варьируют от первых мкм до 500 мкм (рис. 6 е, ж). Наблюдаются структуры распада в титаномagnetите ламелли ильменита (рис. 6 е).

Петрогеохимическая характеристика

Содержание SiO₂ в базальтах Вежаю-Ворыквинского покрова варьирует в пределах от 47,05 до 50,64 мас. % (табл. 3). По петрохимической классификации [22] породы соответствуют базальтам нормальной щелочности (Na₂O+K₂O=1,8–2,53) (рис. 7 а) и разделяются на два типа: большинство составов относится к натриевому типу (Na₂O/K₂O=4,41–17) и один состав (?) – калиево-натриевому (Na₂O/K₂O=2,94) [23]. Исследуемые породы соответствуют умеренно глиноземистым (al'=0,65–0,75) и низкоглиноземистым (al'=0,76–0,94) разновидностям. Концентрация TiO₂=1,23–1,98 мас. %, Mg#=0,26–0,42. Относительно содержаний Na₂O+K₂O, FeO+Fe₂O₃ и MgO породы исследуемого покрова тяготеют к толеитовому тренду (рис. 7 б).

Долерит имеет следующие петрохимические характеристики: SiO₂=47,83 мас. %, TiO₂=1,45 мас. %, Na₂O+K₂O=2,49, Na₂O/K₂O=4,41, al'=0,76, Mg#=0,40 (табл. 3, рис. 7 а).

На территории Канино-Тиманского региона, в аналогичных породах, по данным фондовых материалов, концентрации SiO₂, TiO₂ и Na₂O+K₂O, al', Mg# имеют более широкие вариации: в базальтоидах п-ова Канин SiO₂=47,24–

52,39 мас. %, TiO₂=1,26–2,63 мас. %, Na₂O+K₂O=1,96–6,65, al'=0,71–1,11, Mg#=0,19–0,45 (данные авторов); Северного Тимана SiO₂=37,84–57,64 мас. %, TiO₂=0,48–2,72 мас. %, Na₂O+K₂O=2,33–4,26, al'=0,59–1,01, Mg#=0,35–0,87 [24]; а в породах Валсовского покрова (Средний Тиман) SiO₂=46,90–53,42 мас. %, TiO₂=1,23–1,89 мас. %, Na₂O+K₂O=1,96–4,21, al'=0,13–0,79, Mg#=0,28–0,48 [24]; Вежаю-Ворыквинского покрова (Средний Тиман) SiO₂=45,36–50,68 мас. %, TiO₂=0,95–2,00 мас. %, Na₂O+K₂O=1,62–6,83, al'=0,56–0,87, Mg#=0,22–0,67 [там же]; в базальтах Южного Тимана SiO₂=44,72–51,50 мас. %, TiO₂=0,95–2,00 мас. %, Na₂O+K₂O=1,62–6,83, al'=0,56–0,87, Mg#=0,22–0,67 (рис. 7 а, б) [там же].

Содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) в базальтах покрова относительно низкие и варьируют в узких пределах от 62,37 до 67,56 г/т (табл. 4). Наблюдается фракционированный спектр распределения РЗЭ, с преобладанием легких лантаноидов над тяжелыми (La_N/Yb_N=2,63–3,03) (табл. 4, рис. 7 в). Относительно базальтов COX для исследуемых пород отмечаются повышенные концентрации крупноионных элементов K, Rb, Ba, а также Th, U и пониженные концентрации высокозарядных элементов HREE (рис. 7 г). Зафиксирован небольшой Ta-Nb минимум.

Гипабиссальные долериты (SRK-8, гл. 38–32 м): содержание РЗЭ низкое – до 62,43 г/т (La_N/Yb_N=2,74). В целом, долериты дайки обладают характеристиками сходными с исследованными базальтами покрова, отличие заключается в чуть более высоких концентрациях Ba, Sr и K (табл. 4, рис. 7 в, г).

На диаграммах, используемых для реконструкции геодинамических условий формирования (Zr-Ti-100-Sr/2 и Zr-Ti-100-Y*3), точки составов базальтов покрова и долеритов дайки группируются в поле базальтов COX и частично базальтов океанических плато (рис. 7 д, е). На диаграмме Nb/Y-Zr/Y точки составов пород располагаются на пересечении полей базальтов океанических плато и островодужных, тяготея к неплюмовым источ-

Таблица 2

Table 2

Химический состав и формульные коэффициенты (мас. %) пироксенов базальтов и долеритов

Chemical composition and formula coefficients (wt. %) of pyroxenes of basalts and dolerites

№ обр.	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	12-4A	3-1A	3-1A	3-1A	3-1A	3-1A
Высота отбора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Т.Н.	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	0 м	
SiO ₂	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	
TiO ₂	53,93	50,20	51,24	50,28	52,42	49,93	52,40	50,46	52,17	49,87	53,18	49,85	52,90	50,00	53,16	50,27	
Al ₂ O ₃	0,32	0,79	0,81	0,71	0,76	1,01	0,49	0,73	0,54	0,78	0,31	1,15	0,47	1,07	0,41	0,85	
Cr ₂ O ₃	0,97	1,09	1,63	0,90	2,26	1,37	1,59	1,01	1,76	0,72	0,97	1,41	1,05	1,28	0,91	1,18	
FeO	-	-	-	-	0,18	-	-	-	-	-	17,61	20,52	16,62	21,47	16,95	-	
MnO	17,68	24,99	12,83	22,97	9,04	20,79	9,92	21,18	8,98	27,74	0,42	0,44	0,48	0,43	0,38	22,97	
MgO	0,40	0,50	0,34	0,44	0,18	0,49	0,34	0,47	0,31	0,57	22,23	12,42	21,89	10,44	22,46	0,40	
CaO	22,72	10,15	15,13	14,74	16,56	12,45	16,55	12,48	16,78	9,84	4,82	13,76	6,04	15,16	5,06	10,35	
Na ₂ O	4,86	13,13	17,02	8,65	19,08	13,28	18,15	12,94	18,44	10,59	-	-	-	0,24	-	14,17	
	-	-	-	-	0,23	0,22	0,21	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	
Формульные коэффициенты																	
Si	1,97	1,96	1,94	1,96	1,92	1,93	1,95	1,96	1,95	1,98	1,97	1,93	1,96	1,94	1,97	1,96	
Ti	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	
Al	0,04	0,05	0,07	0,04	0,10	0,06	0,07	0,05	0,08	0,03	0,04	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05	
Al ^{IV}	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,55	0,66	0,51	0,70	0,52	0,00	
Fe ²⁺	0,54	0,81	0,41	0,75	0,28	0,65	0,31	0,67	0,28	0,92	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,75	
Mn	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	1,23	0,72	1,21	0,60	1,24	0,01	
Mg	1,24	0,59	0,85	0,86	0,90	0,72	0,92	0,72	0,93	0,58	0,19	0,57	0,24	0,63	0,20	0,60	
Ca	0,19	0,55	0,69	0,36	0,75	0,55	0,72	0,54	0,74	0,45	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,59	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
En(Mg)	69,49	29,95	43,54	43,24	46,72	36,77	46,81	36,78	47,61	29,52	62,07	36,51	61,10	31,05	62,70	30,76	
Fs(Fe)	27,90	42,20	21,27	38,52	14,60	35,04	16,29	35,81	14,79	47,65	28,25	34,43	26,78	36,55	27,15	38,97	
Wo(Ca)	9,61	27,85	35,20	18,24	38,69	28,19	36,90	27,41	37,60	22,83	9,67	29,07	12,12	32,40	10,15	30,27	
№ обр.	3-1A	3-1A	3-1A	3-1A	11-2A	11-2A	11-2A	11-2A	11-2A	11-2A	11-2A	11-2A	11-4A	11-4A	11-4A	11-4A	
Высота отбора	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Т.Н.	0 м	0 м	0 м	0 м	2 м	2 м	2 м	2 м	2 м	2 м	2 м	2 м	7 м	7 м	7 м	7 м	
SiO ₂	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	
TiO ₂	53,85	49,08	52,71	49,93	53,39	49,49	52,65	49,94	52,80	50,21	53,41	50,38	53,32	48,95	51,89	50,52	
TiO ₂	0,44	1,02	0,35	1,03	0,38	1,01	0,47	1,14	0,46	0,99	0,36	0,66	0,46	0,58	0,63	0,64	
Al ₂ O ₃	0,91	1,16	1,00	1,49	0,88	1,13	0,89	1,27	1,59	1,31	1,07	0,75	1,51	0,69	2,19	0,80	
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	0,27	-	
FeO	17,46	23,83	-	-	-	-	-	-	0,27	-	-	-	9,51	29,38	8,12	24,63	
MnO	0,44	0,62	16,54	20,73	17,60	23,46	19,34	19,41	8,65	19,58	17,64	26,07	0,23	0,68	-	0,52	

Fe ³⁺	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,30	0,64	0,23	0,65	0,51	0,29	0,63	0,73	0,73	0,75	0,51	0,63	0,54	0,75	0,51	0,66	0,25	0,25	0,25
Mn	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Mg	1,01	0,76	0,92	0,72	1,22	0,93	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,67	1,19	0,59	1,28	0,68	0,92	0,92	0,92
Ca	0,63	0,56	0,75	0,55	0,23	0,72	0,68	0,61	0,61	0,60	0,61	0,62	0,22	0,60	0,17	0,59	0,77	0,77	0,77
Na	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-	-	-	-	-	-	-
En(Mg)	51,85	38,50	47,07	36,76	61,77	47,74	30,69	30,81	30,81	30,45	59,97	34,37	59,97	30,45	64,09	34,62	47,21	47,21	47,21
Fs(Fe)	15,77	33,24	14,35	35,09	26,78	15,50	34,64	38,10	38,10	39,03	28,80	33,95	28,80	39,03	27,32	35,12	13,21	13,21	13,21
Wo(Ca)	32,38	28,26	38,58	28,15	11,45	36,76	34,67	31,09	31,09	30,52	11,22	31,68	11,22	30,52	8,52	30,26	39,59	39,59	39,59
№ обр.	12-2A	12-2A	12-2A	12-2A	12-2A	12-2A	12-2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
Высота отбора	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м	9 м
Т.Н.	кр.	ц.	кр.	кр.	ц.	ц.	кр.	ц.	ц.	кр.	кр.	кр.	кр.	ц.	кр.	ц.	кр.	кр.	кр.
SiO ₂	48,94	51,98	49,79	50,49	51,89	52,36	50,23	53,33	53,33	53,00	49,77	52,05	49,77	53,00	49,53	52,44	49,55	49,55	49,55
TiO ₂	1,13	0,53	1,01	0,68	0,57	0,51	0,75	0,35	0,35	0,34	0,67	0,56	0,67	0,34	0,45	0,39	0,57	0,57	0,57
Al ₂ O ₃	1,13	2,22	1,40	0,95	1,99	1,77	1,05	0,87	0,87	0,89	0,92	2,00	0,92	0,89	0,56	1,49	0,79	0,79	0,79
Cr ₂ O ₃	-	0,34	-	-	0,24	0,27	-	-	-	-	-	0,19	-	-	-	0,12	-	-	-
FeO	23,76	8,63	18,90	21,91	9,19	8,68	23,06	17,27	17,27	17,37	22,56	8,48	22,56	17,37	31,59	9,48	28,40	28,40	28,40
MnO	0,52	0,17	0,42	0,49	0,25	0,25	0,56	0,46	0,46	0,36	0,52	0,31	0,52	0,36	0,61	0,26	0,65	0,65	0,65
MgO	9,63	16,56	11,41	13,59	16,68	16,84	13,50	22,48	22,48	22,37	9,47	17,08	9,47	22,37	11,58	17,50	9,65	9,65	9,65
CaO	14,08	18,66	16,05	11,15	18,25	18,56	10,29	4,99	4,99	4,60	15,61	18,33	15,61	4,60	5,01	17,28	9,96	9,96	9,96
Na ₂ O	-	-	0,25	-	-	0,19	0,18	-	-	-	-	0,27	-	-	-	0,19	0,20	0,20	0,20
Si	1,94	1,94	1,93	1,96	1,94	1,94	1,95	1,97	1,97	1,97	1,96	1,93	1,96	1,97	1,98	1,95	1,97	1,97	1,97
Ti	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Al	0,05	0,10	0,06	0,04	0,09	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,09	0,04	0,04	0,03	0,07	0,04	0,04	0,04
Al ^{IV}	-0,01	0,04	0,00	0,00	0,03	0,02	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,79	0,27	0,58	0,71	0,29	0,27	0,72	0,53	0,53	0,54	0,74	0,26	0,74	0,54	1,05	0,29	0,94	0,94	0,94
Mn	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Mg	0,57	0,92	0,66	0,79	0,93	0,93	0,78	1,24	1,24	1,24	0,56	0,94	0,56	1,24	0,69	0,97	0,57	0,57	0,57
Ca	0,60	0,75	0,67	0,46	0,73	0,74	0,43	0,20	0,20	0,18	0,66	0,73	0,66	0,18	0,21	0,69	0,42	0,42	0,42
Na	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02
En(Mg)	28,85	47,44	33,83	39,77	47,53	47,85	39,67	62,42	62,42	62,79	28,15	48,54	28,15	62,79	34,83	49,46	29,15	29,15	29,15
Fs(Fe)	40,82	14,14	31,97	36,78	15,09	14,24	38,60	27,63	27,63	27,93	38,50	14,02	38,50	27,93	54,34	15,45	49,23	49,23	49,23
Wo(Ca)	30,32	38,42	34,20	23,45	37,38	37,91	21,73	9,96	9,96	9,28	33,35	37,44	33,35	9,28	10,83	35,10	21,62	21,62	21,62

Примечание. Миналы En(Mg) - энстатитовый; Fs(Fe) - ферросиликатовый; Wo(Ca) - wollastonite. 1-55 - базальты покровы, 56 - 63 - дайковые долериты. «-» - ниже предела обнаружения.
Note. Minerals En(Mg) - enstatite; Fs(Fe) - ferrosilite; Wo(Ca) - wollastonite. 1-55 - cover basalts, 56-63 - dike dolerites. «-» - below the detection limit.

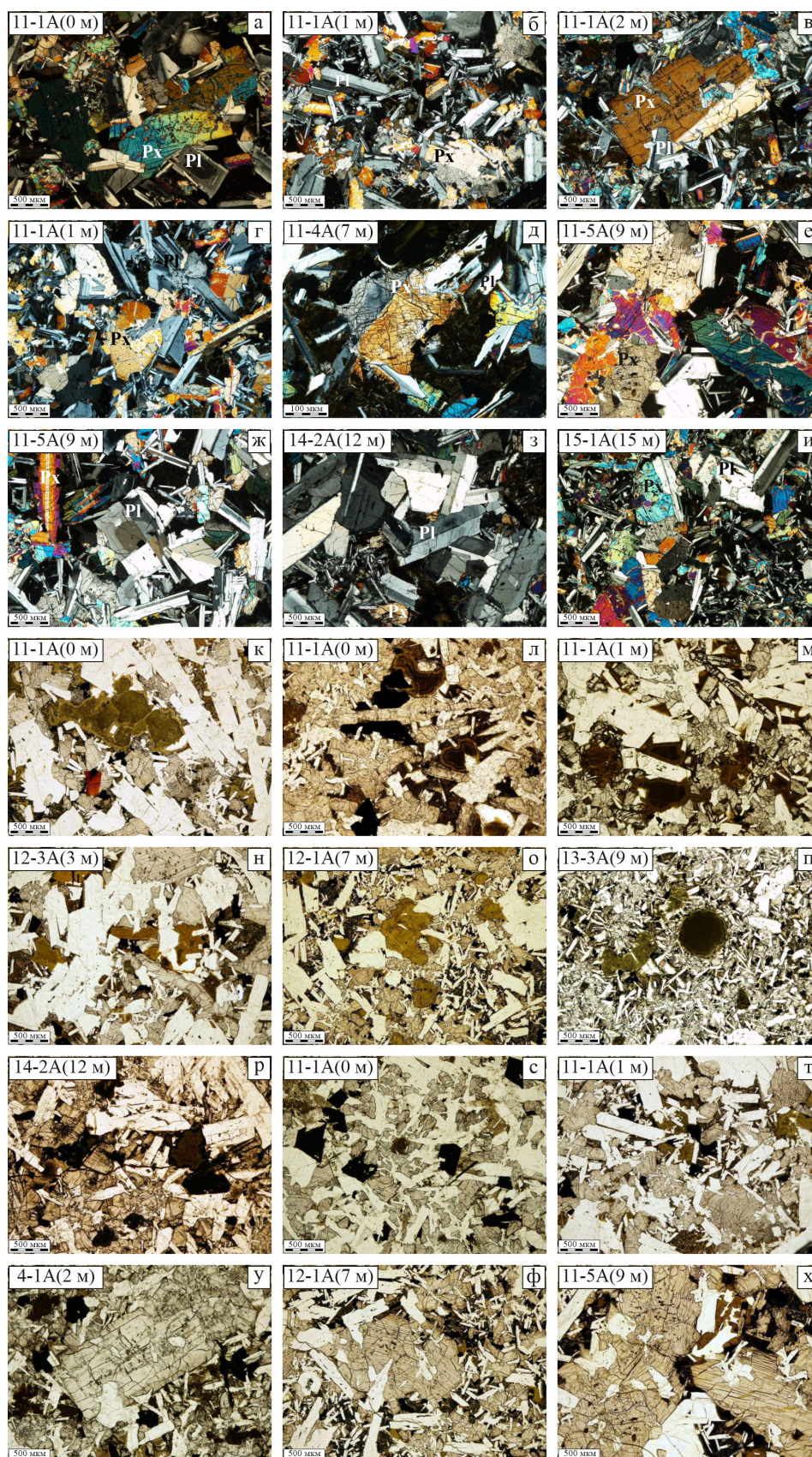
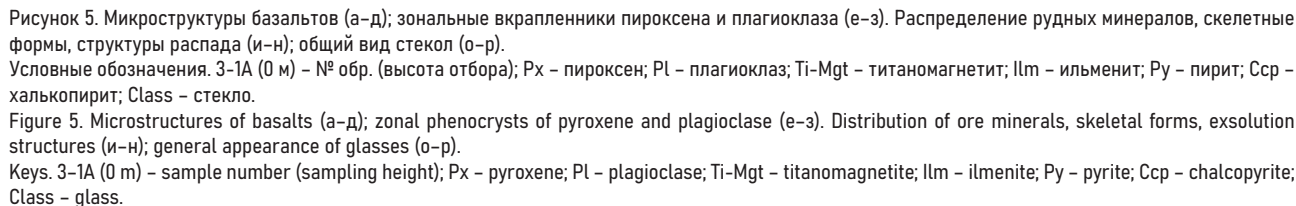
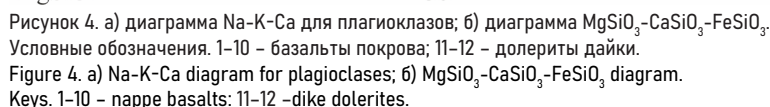


Рисунок 3. Распределение в базальтах и долеритах породообразующих минералов (вкрапленники пироксена – а-е, вкрапленники плагиоклаза – ж-и); стекла (к-п); рудных минералов (р-х). С анализатором (а-п).

Условные обозначения. 11-1A (0 м) – № обр. (высота отбора); Px – пироксен; Pl – плагиоклаз.

Figure 3. Distribution of rock-forming minerals (pyroxene phenocrysts – а-е, plagioclase phenocrysts – ж-и); glass (к-п); ore minerals (р-х) in basalts and dolerites. With analyser (а-п).

Keys. 11-1A (0 m) – sample number (sampling height); Px – pyroxene; Pl – plagioclase.



⁴⁰Ar/³⁹Ar датирование проводили методом ступенчатого прогрева монофракции плагиоклаза из долеритов обр. 2А/11 (SRK-8, гл. 38–32 м). В возрастном спектре (табл. 5, рис. 8) наблюдается конвенционное плато, состоящее из трех ступеней и характеризующееся значением 389,0±7,2 млн лет, СКВО=1,8, включающее 61,2 % выделенного ³⁹Ar. На обратной изохронной диаграмме точки формируют линейную регрессию, характеризующуюся СКВО=1,7, началь-

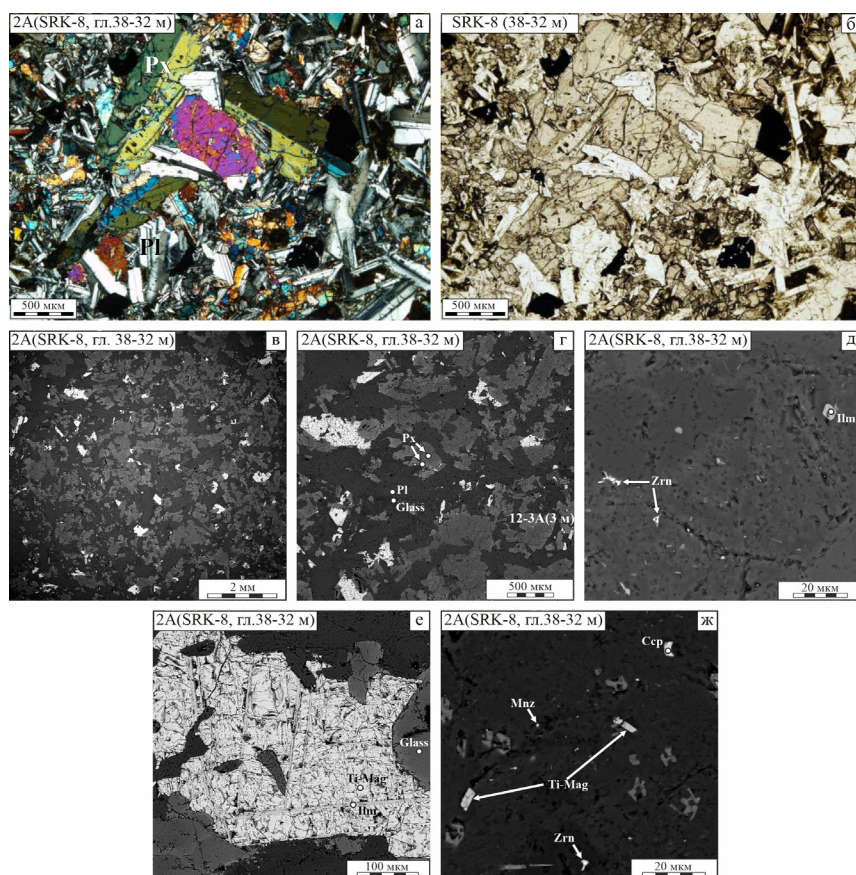


Рисунок 6. Микроструктуры долеритов и зональные вкрапления пироксена и плагиоклаза (а-г); распределение аксессуарных минералов (д); распределение рудных минералов, структуры распада (е-ж) (а – фото с анализатором, б – фото без анализатора).

Условные обозначения. 2А (SRK-8 гл. 38-32 м.) – № обр. (высота отбора); Px – пироксен; Pl – плагиоклаз; Ti-Mgt – титаномagnetит; Ilm – ильменит; Py – пирит; Ccp – халькопирит; Zrn – циркон; Mnz – монацит; Class – стекло (а – фото с анализатором, б – фото без анализатора).

Figure 6. Microstructures of dolerites and zonal phenocrysts of pyroxene and plagioclase (a-r); distribution of accessory minerals (д); distribution of ore minerals, exsolution structures (е-ж) (а – photo with analyser, б – photo without analyser).

Keys. 2A (SRK-8 depth 38-32 m) – sample number (sampling height); Px – pyroxene; Pl – plagioclase; Ti-Mgt – titanomagnetite; Ilm – ilmenite; Py – pyrite; Ccp – chalcopyrite; Zrn – zircon; Mnz – monazite; Class – glass.

ным отношением $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_0 = 277 \pm 8$ и значением возраста 395 ± 7 млн лет. Рассчитанные значения возраста плато и изохронного согласуются в пределах ошибки между собой, а также – с приводимым выше Sm-Nd возрастом [15]. Изотопная K/Ar система плагиоклаза характеризуется тем-

ными Sm/Nd датирования [15], формирование пород произошло 392 ± 7 млн лет назад (среднее между изохронным возрастом и возрастом плато).

С учетом сказанного, изотопно-геохимические исследования базальтов Вежаю-Ворыквинского покрова по-

пературой закрытия $\sim 240^\circ\text{C}$. Тем не менее, учитывая, что остывание пород после излияния происходит очень быстро, можно считать датировку по плагиоклазу хорошей оценкой возраста формирования. Таким образом, на основании $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ данных, как более точных по отношению с дан-

Химический состав (мас.%) базальтов и долеритов

Таблица 3

Chemical composition (wt.%) of basalts and dolerites

Table 3

Высота отбора	№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	П.п.п
14м	15-1А	49,19	1,59	14,35	3,40	8,81	0,26	7,42	10,98	2,04	0,19	0,14	1,06
9м	11-5А	48,07	1,72	16,14	4,77	8,05	0,22	4,28	12,63	2,15	0,22	0,13	1,62
9м	12-2А	48,76	1,23	15,45	2,67	9,00	0,20	7,28	11,44	1,91	0,20	0,13	1,04
7м	12-1А	48,66	1,46	15,13	2,80	8,98	0,20	7,58	11,53	1,97	0,67	0,12	0,93
4м	11-3А	47,05	1,89	15,69	5,93	6,41	0,19	5,38	12,40	1,89	0,17	0,18	2,83
3м	3-2А	46,51	1,96	14,85	6,22	8,16	0,21	5,30	11,58	2,01	0,46	0,20	2,54
3м	12-3А	48,38	1,30	15,06	3,76	7,42	0,19	7,81	11,60	1,88	0,20	0,14	1,86
3м	14-3А	48,62	1,82	14,97	3,60	7,84	0,22	6,49	10,86	2,13	0,21	0,14	2,27
3м	11-2А	48,08	1,86	15,21	5,58	7,34	0,22	5,09	11,58	2,02	0,35	0,18	2,49
1м	8-1А	48,86	1,73	14,30	3,95	7,68	0,23	7,20	10,66	2,03	0,24	0,14	1,56
1м	8-2А	46,19	1,98	14,35	7,10	7,26	0,24	6,01	11,47	1,70	0,10	0,19	3,41
1м	10-1А	49,12	1,64	14,71	2,77	8,66	0,21	7,21	10,61	2,11	0,24	0,14	0,84
1м	12-4А	48,69	1,27	15,34	3,73	8,22	0,21	7,51	11,50	1,92	0,18	0,13	1,07
0м	5-1А	48,66	1,79	13,73	3,40	8,82	0,21	7,18	10,98	2,27	0,43	0,18	1,15
0м	11-1А	48,48	1,67	15,42	3,80	8,72	0,24	6,12	11,20	2,06	0,13	0,16	2,00
0м	3-1А	48,32	1,73	15,38	4,59	8,62	0,20	5,08	11,32	2,12	0,41	0,17	2,07
0м	С6-10	50,64	1,89	12,24	3,81	8,13	0,20	6,86	10,14	2,04	0,43	0,15	0,68
Скв. SRK-8, гл. 38-32м	2А	47,83	1,45	15,22	4,25	7,96	0,18	7,70	10,50	2,03	0,46	0,13	2,02

Таблица 4
Содержание (г/т) редких, рассеянных и редкоземельных элементов
в базальтах

Table 4
Content (ppm) of rare, trace and rare earth elements in basalts
and dolerites

№ обр.	0м	0м	3м	6м	9м	гл.38-32 м
	с 6/10	12-4А/11	12-3А/11	12-1А/11	12-2А/11	2А/11
Ba	92,17	58,70	63,70	66,40	63,60	86,30
Rb	14,65	3,20	4,80	3,57	3,39	11,90
Th	1,59	1,50	1,51	1,31	1,54	1,60
U	0,555	0,37	0,35	0,34	0,44	0,42
Nb	7,21	6,06	6,15	5,79	6,02	5,60
Ta	0,422	0,42	0,42	0,41	0,47	0,36
Sr	174,25	166,00	168,00	162,00	163,00	173,00
Hf	2,92	2,90	2,83	2,54	3,03	2,39
Zr	111,60	102,00	102,00	97,40	101,00	96,50
V	375,00	316,00	335,00	320,00	323,00	319,00
Co	50,70	21,30	57,30	52,80	52,90	49,4
Ni	94,5	88,7	102	91,5	92,6	74,7
Cr	187,00	150,00	166,00	156,00	147,00	124,00
La	9,19	7,88	8,46	7,81	7,94	7,75
Ce	21,97	18,7	20,5	19,1	18,9	19,1
Pr	3,06	2,6	3,06	2,65	2,64	2,83
Nd	13,73	12,6	13,8	12,7	13,4	12,8
Sm	3,50	3,74	4,09	3,54	3,79	3,60
Eu	1,19	1,23	1,37	1,36	1,34	1,35
Gd	3,99	4,18	4,6	4,16	4,1	4,04
Tb	0,66	0,73	0,8	0,65	0,71	0,73
Dy	4,19	4,2	4,46	4,28	4,49	4,25
Ho	0,87	0,88	0,97	0,88	0,94	0,92
Er	2,35	2,35	2,54	2,45	2,35	2,42
Tm	0,34	0,36	0,37	0,34	0,34	0,32
Yb	2,18	2,22	2,17	2,13	2,06	2,03
Lu	0,34	0,33	0,33	0,32	0,33	0,29
Y	29,5	24,4	26,8	24,6	24,8	23,00
Pb	2,40	8,07	7,08	3,63	2,42	5,11
ΣREE	67,56	62	67,52	62,37	63,33	62,43
ΣLREE	51,45	45,52	49,91	45,8	46,67	46,08
ΣHREE	16,11	16,48	17,61	16,57	16,66	16,35
(La/Yb) _N	3,03	2,55	2,80	2,63	2,77	2,74
Th/Nb	0,22	0,24	0,24	0,23	0,26	0,29
Ce/Pb	9,15	2,30	2,83	5,26	8,59	3,74

зволюли установить время формирования пород равное 392±7 млн лет.

Исследуемые породы имеют низкие Rb/Sr отношения, поэтому измеренный изотопный состав стронция близок к первичному, рассчитанному на возраст 392 млн лет (табл. 6). Базальты характеризуются высокими значениями $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$, превышающими 0,707, что является нетипичным для глубинных пород мантийного генезиса и может указывать на влияние процессов коровой контаминации.

Отношения $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ составляют 0,1729 до 0,1748 в базальтах и 0,1719 в долеритах. Величины отношений $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ составляют 0,512787 для базальтов и 0,512771 для долеритов. Sm-Nd данные не позволяют построить

изохрону, однако величины ϵNd , рассчитанные на полученный $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возраст базальтов, характеризуются положительными значениями $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$. В базальтах покрова они составляют +4,0 ... +4,1, в долеритах – +3,8 (табл. 6). Положительные значения указывают на мантийный (ювенильный) источник.

Полученные значения близки с Sm-Nd данными, полученными нами для базальтов Валсовского покрова ($\epsilon\text{Nd}(t)$ +2,8 – +3) и базальтов мыса Бол. Румяничный ($\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ +5,5), отличаются расчетным модельным возрастом (T_{DM2} 921-900 млн лет и 692 млн лет соответственно) [9]. А также данным по базальтам и долеритам п-ова Канин ($\epsilon\text{Nd}(t)$ +2,9, T_{DM2} 940 млн лет и Nd(t) +2,3, +4,6, T_{DM2} 985, 747 млн лет), базальтам Северного Тимана (р. Сула, $\epsilon\text{Nd}(t)$ +4,9, T_{DM2} 746 млн лет), базальтам Среднего Тимана (р. Цильма) $\epsilon\text{Nd}(t)$ +2,7, T_{DM2} 850 млн лет и Южного Тимана $\epsilon\text{Nd}(t)$ +2,9, T_{DM2} 914 млн лет [11].

Заключение

Таким образом, для базальтов (долеритов) Вежаю-Ворыквинского покрова валсовской свиты ($D_3\text{vl}$) джьерского горизонта верхнего девона и долеритов канино-тиманского комплекса установлены новые минералого-петрографические, изотопно-геохимические (Rb-Sr, Sm-Nd) и геохронологические (Ar-Ar) характеристики.

Породы Вежаю-Ворыквинского покрова (0–15 м), вскрытые в базальтовом карьере и карьере «Бокситы Тимана», кристаллизовались из одной или нескольких порций однородной по составу магмы. На возможное присутствие нескольких порций расплава указывают неоднородности строения покрова, фиксируемые в стенках карьера, различная отдельность: столбчатая, скорлуповатая, глыбовая. В минералогическом, петрографическом, петрохимическом и геохимическом составах нижней, средней и верхней частей покрова заметных отличий не наблюдается.

Базальты покрова сложены пироксеном, плагиоклазом и титаномagnetитом, стеклом. Микроструктуры пород порфиоровые и долеритовые. Плагиоклаз наряду с пироксеном слагает как основную массу породы, так и формирует вкрапленники. Имеет как четко выраженное зональное строение, так и не зональное. Зональные плагиоклазы в центральных частях соответствуют андезину, лабрадору и битовниту, краевые части представлены андезином и лабрадором ($0-2 \text{ м } \text{Ц}(\text{An}_{70-90}, \text{An}_{70-50}) \rightarrow \text{K}(\text{An}_{30-50})$, $7 \text{ м } \text{Ц}(\text{An}_{70-90}, \text{An}_{70-50}) \rightarrow \text{K}(\text{An}_{70-50})$, $9 \text{ м } \text{Ц}(\text{An}_{70-90}, \text{An}_{70-50}) \rightarrow \text{K}(\text{An}_{70-50}, \text{An}_{30-50})$). Пироксены также имеют как четко выраженное зональное строение, так и не зональное. Зональные пироксены в центральных частях представлены авгитом и магнезиальным пижонитом, в краевых – авгитом, субкальциевым авгитом, ферроавгитом, субкальциевым ферроавгитом и промежуточным пижонитом. Отмечаются уменьшение магнезиальности и, соответственно, увеличе-

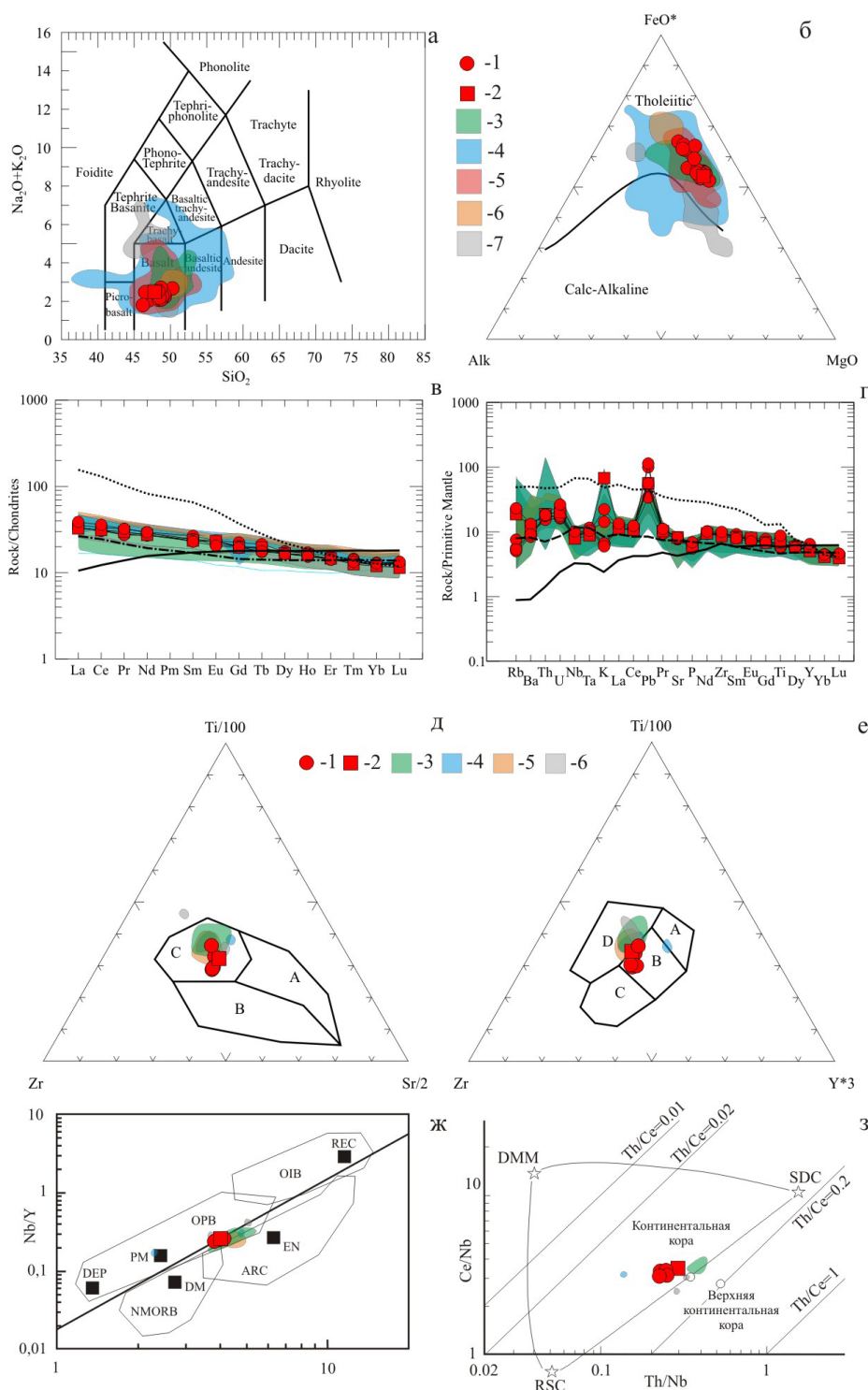


Рисунок 7. Классификационные диаграммы для базальтов и долеритов: а) $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$ по: [22], б) диаграмма AFM [25]; в) графики распределения REE (к хондриту Cl [26]); г) графики спектров распределения элементов-примесей (к составу примитивной мантии: [26]); д) диаграмма Zr-Ti-100-Sr/2 [27]; е) диаграмма Zr-Ti-100-Y*3 [там же]; ж) диаграмма Nb/Y-Zr/Y [28, 29]; з) диаграмма Ce/Nb-Th/Nb [30].

Условные обозначения (а-б). 1 – базальты; 2 – долериты (скв. SRK-8, гл. 38–32 м); 3 – базальтоиды п-ова Канин [11]; 4 – базальты Северного Тимана [9, 11, 24]; 5 – базальты Вежяю-Ворыквинского покрова [24]; 6 – базальты района р. Цильмы (Средний Тиман) [11]; 7 – базальты Южного Тимана [11, 24]; (в-з): 1 – базальты, 2 – долериты, 3 – базальтоиды п-ова Канин [24]; 4 – базальты Северного Тимана [9, 24]; 5 – базальты района р. Цильмы (Средний Тиман) [24]; 6 – базальты Южного Тимана [там же].

Поля: (д) А – IAT (толеиты островных дуг); В – CAB (известково-щелочные базальты); С – MORB (базальты срединно-океанических хребтов); (е) А – IAT (толеиты островных дуг), В – MORB (базальты COX), IAT и CAB (известково-щелочные базальты); С – CAB; Д – WPB (внутриплитные базальты); (ж) – DEP – деплетированная глубинная мантия; PM – примитивная мантия; OPB – базальты океанического плато; OIB – базальты океанических островов; REC – рециклированный компонент; NMORB – нормальные базальты срединно-океанических хребтов; DM – верхняя деплетированная мантия; ARC – островодужные базальты; EN – обогащенный компонент; (з) – DMM – деплетированная мантия; RSC – остаточный компонент рециклированной океанической коры; SDC – субдукционный компонент островных дуг.

Figure 7. Classification diagrams for basalts and dolerites: а – $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$ by [22], б – AFM diagram [25]; в – REE distribution graphs (to chondrite Cl [26]); г – trace element distribution spectra graphs (to the composition of the primitive mantle [26]); д – Zr-Ti-100-Sr/2 diagram [27]; е – Zr-Ti-100-Y*3 diagram [see above]; ж – Nb/Y-Zr/Y diagram [28, 29]; з – Ce/Nb-Th/Nb diagram [30].

Keys. (а-б): 1 – basalts; 2 – dolerites (well SRK-8, depth 38–32 m); 3 – basaltoids of the Kanin Peninsula [11]; 4 – basalts of Northern Timan [9, 11, 24]; 5 – basalts of the Vezhayu-Vorykva cover [24]; 6 – basalts of the Tsilma River region (Middle Timan) [11]; 7 – basalts of Southern Timan [11, 24]. (в-з): 1 – basalts; 2 – dolerites; 3 – basaltoids of the Kanin Peninsula [24]; 4 – basalts of Northern Timan [9, 24]; 5 – basalts of the Tsilma River region (Middle Timan) [24]; 6 – basalts of Southern Timan [see above].

Fields: (д) А – IAT (island arc tholeiites); В – CAB (calc-alkaline basalts); С – MORB (mid-ocean ridge basalts); (е) А – IAT (island arc tholeiites); В – MORB (MOR basalts), IAT and CAB (calc-alkaline basalts); С – CAB; Д – WPB (within-plate basalts); (ж) DEP – depleted deep mantle; PM – primitive mantle; OPB – ocean plateau basalts; OIB – ocean island basalts; REC – recycled component; NMORB – normal mid-ocean ridge basalts; DM – upper depleted mantle; ARC – island arc basalts; EN – enriched component; (з) DMM – depleted mantle; RSC – residual component of recycled oceanic crust; SDC – subduction component of island arcs.

Таблица 5

Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования плагиоклаза из долеритов

Table 5

Results of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of plagioclase from dolerites

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) $\pm 1\sigma$	$\pm 1\sigma$
Плагиоклаз 2А-11, навеска 59,2 мг, J = 0.002753 $\pm$ 0.000020; интегральный возраст = 369.6 $\pm$ 6.1 млн лет														
500	10	2.7* e^{-9}	212,670	28,967	0,0066	0,1636	2,0870	9,1871	0,3507	0,1442	7,513	1,5	473,6	163,8
725	10	14.6* e^{-9}	116,267	1,672	0,0366	0,0145	32,3033	2,0152	0,1234	0,0144	116,292	16,1	358,3	18,0
925	10	40.8* e^{-9}	105,389	0,637	0,0246	0,0023	43,2706	0,3729	0,0561	0,0060	155,774	61,2	394,7	7,8
1030	10	25.7* e^{-9}	139,761	1,256	0,0748	0,0068	43,3268	0,6430	0,2239	0,0092	155,976	82,7	332,9	11,5
1130	10	37.8* e^{-9}	254,350	1,180	0,1194	0,0096	39,1581	1,4273	0,5983	0,0053	140,969	100,0	349,2	6,1

Примечание. * J – параметр, характеризующий величину нейтронного потока.

Note. * J is a parameter characterising the magnitude of the neutron flux.

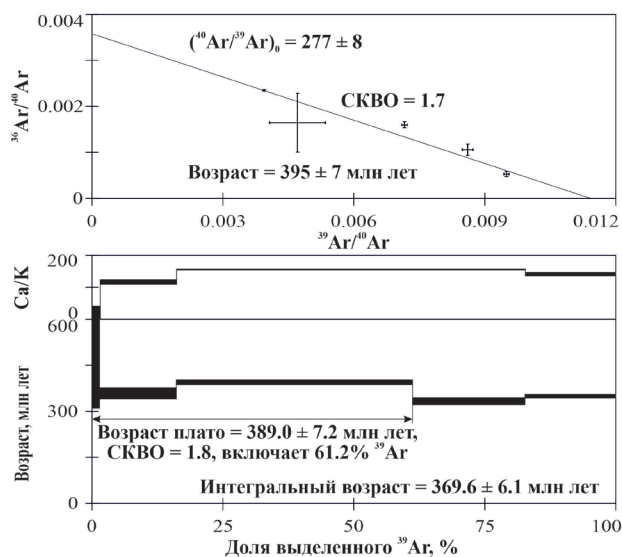


Рисунок 8. Результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирования мономинеральной фракции плагиоклаза из долеритов обр. 2А/11 (SRK-8, гл. 38–32 м). Приведены обратная изохронная диаграмма (сверху), возрастной и Ca/K спектры. Figure 8. Results of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of plagioclase monomineral fractions from dolerites sample 2A/11 (SRK-8, depth 38–32 m). The reverse isochron diagram (above), age spectrum, and Ca/K spectrum are shown.

ние железистости от центральной зоны пироксена к краевой. Пример (Ц-центр, К-кайма): 0–2 м $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}69 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}29$, $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}47 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}29$, 7 м $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}51 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}38$, $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}47 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}36$, 9 м $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}61 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}30$, $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}47 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}30$. Контрастность полученных значений больше в краевых частях покрова, чем в центре покрова. Наличие зональности в минералах указывает на достаточно медленное остывание расплава. Рудный минерал представлен титаномagnetитом, часто формирует скелетные формы роста. Обязательно присутствует стекло. Микроструктуры пород порфировые, долеритовые. Химический состав пород однороден и типичен для базальтов основных вулканических пород подотряда нормальнощелочных (мас. %): $\text{SiO}_2=47,05\text{--}50,64$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=1,8\text{--}2,53$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=2,97$; $4,41\text{--}17$, $\text{TiO}_2=1,23\text{--}1,98$, $\text{Al}^*=0,65\text{--}0,94$, $\text{Mg}\#=0,26\text{--}0,42$. Содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) = 62,37–67,56 г/т ($\text{La}_\text{N}/\text{Yb}_\text{N}=2,63\text{--}3,03$). Долериты также характеризуются зональностью слагающих их породообразующих минералов (плагиоклаз, клинопироксен) и минералов порфировых вкрапленников (плагиоклаз, клинопироксен). По химическому составу плагиокла-

Таблица 6

Изотопно-геохимические характеристики Sm-Nd и Rb-Sr базальтов и долеритов

Table 6

Isotope-geochemical characteristics of Sm-Nd and Rb-Sr basalts and dolerites

№ обр.	12-2А/11 (9 м)	С6/10 (0 м)	2А/11 (–38–32 м)
Rb, мкг/г	Н. о.	9.6	22.6
Sr, мкг/г	Н. о.	166.2	200.5
$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	–	0.167	0.033
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2\sigma$	–	0.71167 $\pm$ 15	0.70841 $\pm$ 3
$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$	–	0.71074	0.70823
Sm, мкг/г	3.90	4.20	3.90
Nd, мкг/г	13.60	14.60	13.69
$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	0.1748	0.1729	0.1719
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm 2\sigma$	0.512787 $\pm$ 4	0.512787 $\pm$ 2	0.512771 $\pm$ 4
$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$	+2.9	+2.9	+2.6
$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	+4.0	+4.1	+3.8
T(DM), млн лет	1428	1361	1388
T(DM) ₂ , млн лет	820	813	835

Примечание. Изотопные анализы Sm и Nd (ID TIMS) проведены в ИГГД РАН В. М. Саватенковым. При расчете величин $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ использованы параметры CHUR (однородного хондритового резервуара) $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,1967$, $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,512638$, а при расчете модельных возрастов T(DM) приняты современные значения деплетированной мантии: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,2136$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0,513151$ [31]. Расчет двухстадийных модельных возрастов T(DM)₂ производился с использованием среднечорной величины $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,12$ [32]. Величины $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$, T(DM), T(DM)₂ рассчитаны на время образования.

Note. Sm and Nd isotope analyses (ID TIMS) were carried out at the Institute of Precambrian Geochemistry and Geophysics RAS by V. M. Savatenkov. The $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ values were calculated using the CHUR (homogeneous chondritic reservoir) parameters $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,1967$, $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,512638$. The model ages T(DM) were calculated using the modern values of the depleted mantle $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,2136$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0,513151$ [31]. The two-stage model ages T(DM)₂ were calculated using the average crustal value $^{143}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,12$ [32]. The values $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$, T(DM), T(DM)₂ were calculated for the formation time.

зы в центральной части зерен соответствуют лабрадору или битовниту, по периферии – лабрадору и андезину (пример: $\text{ЦAn}_{68} \rightarrow \text{КАn}_{42}$, $\text{ЦAn}_{73} \rightarrow \text{КАn}_{53}$). Клинопироксен соответствует в центре авгиту и магнетиальному пижониту, а по краям – ферроавгиту, субкальциевому ферроавгиту и железистому пижониту (пример: $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}62 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}31$, $\text{ЦEn}_{\text{Mg}}48 \rightarrow \text{КEn}_{\text{Mg}}28$). В долеритах установлены акцессорные минералы: циркон и монацит. Меньше количество

стекла и скелетных форм титаномагнетита. Долерит обладает следующими петрохимическими характеристиками (мас. %): $\text{SiO}_2=47,83$, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=2,49$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=4,41$, $\text{TiO}_2=1,45$, $\text{Al}^*=0,76$, $\text{Mg}\# = 0,40$. Концентрации РЗЭ=62,43 г/т ($\text{La}_N/\text{Yb}_N=2,74$). Долериты обладают характеристиками сходными с базальтами Вежаю-Ворыквинского покрова, отличие заключается в чуть более высоких концентрациях Ba, Sr и K.

Время формирования долеритов канино-тиманского комплекса составляет 392 ± 7 млн лет. В целом, исследуемые долериты и базальты соответствуют породам, формировавшимся во внутриплитных условиях, на мантийный источник, из которого формировались базальтоиды, оказывал влияние коровый компонент. Геохимические и изотопно-геохимические параметры: 1. мантийная природа расплавов – низкие характеристические значения отношений Th/Nb (0,22–0,29) в исследуемых породах, положительные значения ($\epsilon\text{Nd}(t) = +3,8$ – $+4,1$); 2. признаки коровой контаминации – обогащение K и Th, дефицит Nb, Ta, низкие значения Ce/Pb (2,3–9,15), высокие значения Th/Ce (0,07–0,08) и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,708–0,710.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники и литература

- Ивенсен, Ю. П. Магматизм Тимана и полуострова Канин / Ю. П. Ивенсен. – М.: Наука, 1964. – 123 с.
- Макеев, А. Б. Магматиты Среднего Тимана / А. Б. Макеев, В. А. Лебедев, Н. И. Брянчанинова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 348 с.
- Тиманский кряж. Т. 2. Литология и стратиграфия, геофизическая характеристика Земной коры, тектоника, минерально-сырьевые ресурсы: монография / Н. Д. Цхадая, А. И. Кобрунов, Л. П. Шилов [и др.]. – Ухта: УГТУ, 2010. – 437 с.
- Анферова, Е. А. Особенности химического состава минералов базальтов нижней части Верхне-Ворыквинского покрова (Средний Тиман) / А. Е. Анферова // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: мат-лы 21-й науч. конф. – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – С. 8–12.
- Анферова, Е. А. Рудные минералы базальтов Верхне-Ворыквинского покрова (Средний Тиман) / А. Е. Анферова // Металлогения древних и современных океанов – 2012. Гидротермальные поля и руды: мат-лы Восемнадцатой научной молодежной школы. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. – С. 333–335.
- Анферова, Е. А. Базальты Верхне-Ворыквинского покрова Среднего Тимана / А. Е. Анферова, О. В. Удоратина // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: мат-лы 22-й науч. конф. – Сыктывкар: Геопринт, 2013. – С. 8–12.
- Анферова, Е. А. Плагиоклазы базальтов Верхне-Ворыквинского покрова Среднего Тимана / А. Е. Анферова, С. С. Шевчук, О. В. Удоратина // Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия. IV Всероссийская школа молодых ученых: сб. тр. – Черноголовка, 2013. – С. 5–7.
- Анферова, Е. А. Пироксены базальтов Верхне-Ворыквинского покрова (Средний Тиман) / А. Е. Анферова, О. В. Удоратина, С. С. Шевчук // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: мат-лы 23-й науч. конф. – Сыктывкар: Геопринт, 2014. – С. 7–12.
- Базальты Среднего Тимана: Rb-Sr, SmNd и Ar-Ar данные / О. В. Удоратина, В. Л. Андреичев, А. В. Травин [и др.] // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Т. II. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. – С. 128–131.
- Степаненко, В. И. Канино-Тимано-Печорская провинция позднедевонского внутриплитного магматизма (положение и размеры) / В. И. Степаненко // Доклады академии наук. – 2016. – Т. 467, № 5. – С. 572–575.
- Шмакова, А. М. Девонские базальты и долериты Тимана и полуострова Канин: петрография, минералогия, геохимия, изотопия / А. М. Шмакова, К. В. Куликова // Известия Коми НЦ УрО РАН. Серия «Науки о Земле». – 2025. – № 3 (79). – С. 27–39.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-39 – Нарьян-Мар. Объяснительная записка / Н. М. Пармузин, К. Н. Мазуркевич, Л. Р. Семенова [и др.]. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 393 с.
- Корреляция магматических комплексов Европейского северо-востока СССР / В. Н. Охотников, В. И. Мизин, Л. Т. Белякова [и др.]. – Сыктывкар, 1985. – Вып. 53. – 24 с.
- Фишман, М. В. Каталог определений возраста горных пород СССР радиологическими методами (северо-восток европейской части СССР, север Урала, Пай-Хой, Новая Земля) / М. В. Фишман, В. Л. Андреичев, А. Д. Естафьева. – Сыктывкар: Ин-т геологии Коми фил. АН СССР, 1981. 181 с. (Деп. в ВИНТИ. № 531-82).
- Природа «туффизитов» Среднего Тимана в связи с проблемой коренных источников алмазов / отв. ред.: В. И. Ваганов, Ю. К. Голубев, Т. Е. Щербакова [и др.]. – М.: ЦНИГРИ, 2001. – 50 с.
- Булах, А. Г. Классификация и формулы минералов (минеральных видов) / А. Г. Булах, В. Г. Кривовичев, А. А. Золотарев. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1995. – 28 с.
- Термохронология Чернорудской гранулитовой зоны (Ольхинский регион. Западное Прибайкалье) / А. В. Травин, Д. С. Юдин, А. Г. Владимиров [и др.] // Геохимия. – 2009. – № 11. – С. 1181–1199.
- Голубева, И. И. Концентрически-скорлуповатая отдельность в долеритах Среднего Тимана / И. И. Голубева, В. И. Ракин // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2012. – № 10. – С. 19–21.
- Свидетельства раннепермского импульса ультракалийского магматизма на Среднем Тимане / О. В. Удоратина, А. В. Травин, К. В. Куликова, Д. А. Варламов // Бюл. моск.

- испытателей природы. Отд. геол. – 2016. – Т. 91, вып. 2–3. – С. 29–35.
20. Ультракалийевые породы нижней части Верхне-Ворыквинского базальтового покрова (Средний Тиман) / О. В. Удоратина, Д. А. Варламов, В. А. Капитанова, Ю. Л. Ронкин // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2015. – № 2. – С. 17–22.
 21. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. 2-е изд. Серия Тиманская. Листы Q-39-XXXIII, XXXIV (Тиман). Объяснительная записка / С. И. Кириллин, В. Н. Иванов, В. Г. Котельников [и др.] – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2023. – 203 с.
 22. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram / M. J. Le Bas, R. W. Le Maître, A. Streckeisen, B. A. Zanettin // *Journal of Petrology*. – 1986. – Vol. 27, Iss. 3. – P. 745–750. – <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>.
 23. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Изд. 3-е, испр. и доп. / гл. ред.: О. А. Богатиков, О. В. Петров, А. Ф. Морозов. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 160 с.
 24. Прибышняя С. В., Белякова Л. Т. Отчет по теме: «Изучение раннегерцинского траппового магматизма Тимана в связи с поисками латеритных бокситов (Южный и Средний Тиман)». Т. 1. РСФСР. Министерство геологии Ухтинское территориальное геологическое управление. Отдел фондов. Инв. № 8782. – Ухта, 1975.
 25. Irvine, T. N. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks / T. N. Irvine, W. R. A. Baragar // *Canada. J. Earth Sci.* – 1971. – Vol. 8. – P. 523–548.
 26. Sun, S. S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / S. S. Sun, W. F. McDonough // *Magmatism in Ocean Basins*. London, Geol. Soc. Spec. Publ. – 1989. – P. 313–345.
 27. Pearce, J. A. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses / J. A. Pearce, J. R. Cann // *Earth and Planet. Sci. Lett.* – 1973. – Vol. 19. – P. 290–300.
 28. Thermal and chemical structure of the Iceland plume / J. G. Fitton, A. D. Saunders, M. J. Norry [et al.] // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 1997. – Vol. 153. – P. 197–208. – [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(97\)00170-2](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00170-2).
 29. Condie, K. C. The 1.75-Ga Iron King Volcanics in west-central Arizona: a remnant of an accreted oceanic plateau derived from a mantle plume with a deep depleted component / K. C. Condie, B. A. Frey, R. Kerrich // *Lithos*. – 2002. – Vol. 64. – P. 49–62. – [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(02\)00158-5](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(02)00158-5).
 30. Saunders, A. D. Origin of MORB and chemically-depleted mantle reservoirs: trace element constraints / A. D. Saunders, M. J. Norry, J. Tarney // *Journal of Petrology. Special Lithosphere Issue*. – 1988. – P. 415–445.
 31. Jacobsen, S. B. Sm-Nd evolution of chondrites and achondrites / S. B. Jacobsen, G. J. Wasserburg // *Earth and Planet. Sci. Lett.* – 1984. – Vol. 67. – P. 137–150.
 32. Taylor, S. R. The continental crust: Its evolution and composition / S. R. Taylor, S. M. McLennan. – London: Blackwell, 1985. – 312 p.

References

1. Ivensen, Yu. P. *Magmatizm Timana i poluostrova Kanin [Magmatism of Timan and the Kanin Peninsula]* / Yu. P. Ivensen. – Moscow: Nauka, 1964. – 123 p.
2. Makeev, A. B. *Magmatity Srednego Timana [Magmatites of the Middle Timan]* / A. B. Makeev, V. A. Lebedev, N. I. Bryanchaninova. – Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2008. – 348 p.
3. Timanskiy kryazh. T. 2. *Litologiya i stratigrafiya, geofizicheskaya kharakteristika Zemnoy kory, tektonika, mineralno-syryevye resursy [Timan Ridge. Vol. 2. Lithology and stratigraphy, geophysical characteristics of the Earth's crust, tectonics, mineral resources]*. – Ukhta: Ukhta State Technical University, 2010. – 437 p.
4. Anferova, E. A. *Osobennosti khimicheskogo sostava mineralov bazaltov nizhney chasti Verkhne-Vorykvinского pokrova (Sredniy Timan) [Features of the chemical composition of minerals in basalts from the lower part of the Upper-Vorykva nappe (Middle Timan)]* / A. E. Anferova // *Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severouralskogo segmenta [Structure, Substance, History of the Lithosphere of the Timan-Severouralsk Segment]: Materials of the XXI Scientific Conference*. – Syktyvkar: Geoprint, 2011. – P. 8–12.
5. Anferova, E. A. *Rudnyye mineraly bazaltov Verkhne-Vorykvinского pokrova (Sredniy Timan) [Ore minerals of the basalts of the Upper-Vorykva cover (Middle Timan)]* / A. E. Anferova // *Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov – 2012. Gidrotermalnyye polya i rudy [Metallogeny of Ancient and Modern Oceans – 2012. Hydrothermal Fields and Ores]: Proceedings of the Eighteenth Scientific Youth School*. – Miass: Institute of Mineralogy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012. – P. 333–335.
6. Anferova, E. A. *Bazalty Verkhne-Vorykvinского pokrova Srednego Timana [Basalts of the Upper Vorykva cover of the Middle Timan]* / E. A. Anferova, O. V. Udoratina // *Struktura, veshchestvo, istoriya litosfery Timano-Severouralskogo segmenta [Structure, Substance, History of the Lithosphere of the Timan-Severouralsk Segment]: Materials of the XXII Scientific Conference*. – Syktyvkar: Geoprint, 2013. – P. 8–12.
7. Anferova, E. A. *Plagioklazy bazaltov Verkhne-Vorykvinского pokrova Srednego Timana [Plagioclases of basalts of the Upper-Vorykva nappe of Middle Timan]* / A. E. Anferova, S. S. Shevchuk, O. V. Udoratina // *Eksperimentalnaya mineralogiya, petrologiya i geokhimiya. [Experimental Mineralogy, Petrology and Geochemistry]: IV All-Russian Scientific Youth School. Collection of works*. – Chernogolovka, 2013. – P. 5–7.
8. Anferova, E. A. *Pirokseny bazaltov Verkhne-Vorykvinского pokrova (Sredniy Timan) [Pyroxenes of basalts of the Upper-Vorykva nappe (Middle Timan)]* / A. E. Anferova, O. V. Udoratina, S. S. Shevchuk // *Struktura, veshchest-*

- vo, istoriya litosfery Timano-Severouralskogo segmenta [Structure, Substance, History of the Lithosphere of the Timan-Severouralsk Segment]. – Syktyvkar: Geoprint, 2014. – P. 7–12.
9. Bazalty Srednego Timana: Rb-Sr, SmNd, i Ar-Ar dannye [Basalts of the Middle Timan: Rb-Sr, Sm-Nd, and Ar-Ar data] / O. V. Udoratina, V. L. Andreichev, A. V. Travin [et al.] // *Geologiya i mineralnye resursy Evropejskogo Severo-Vostoka Rossii* [Geology and Mineral Resources of the European North-East of Russia]: Proc. of the XVI Geological Congress of the Komi Republic. Vol. II. – Syktyvkar: IG Komi Science Centre Ural Branch RAS, 2014. – P. 128–131.
 10. Stepanenko, V. I. Kanino-Timano-Pechorskaya provinciya pozdnedevonskogo vnutriplitnogo magmatizma (polozhenie i razmery) [Kanin-Timan-Pechora province of late Devonian intraplate magmatism (position and dimensions)] / V. I. Stepanenko // *Doklady akademii nauk* [Reports of the Academy of Sciences]. – 2016. – Vol. 467, № 5. – P. 572–575.
 11. Shmakova, A. M. Devonskie bazalty i dolerity Timana i p-ova Kanin: petrografiya, mineralogiya, geohimiya, izotopiya [Devonian basalts and dolerites of the Timan and the Kanin Peninsula: petrography, mineralogy, geochemistry, isotopy] / A. M. Shmakova, K. V. Kulikova // *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences"*. – 2025. – № 3 (79). – P. 27–39.
 12. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1 : 1000000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Mezenskaya. List Q-39 – Naryan-Mar. Obyasnitelnaya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1,000,000 (third generation). Mezen Series. Sheet Q-39 – Naryan-Mar. Explanatory Note] / N. M. Parmuzin, K. N. Mazurkevich, L. R. Semenova [et al.]. – Saint-Petersburg: Cartographic Factory VSEGEI. – 2015. – 393 p.
 13. Korrelyatsiya magmaticheskikh kompleksov Yevropeyskogo severo-vostoka SSSR [Correlation of igneous complexes of the European northeast of the USSR] / V. N. Okhotnikov, V. I. Mizin, L. T. Belyakova [et al.]. – Syktyvkar, 1985. – Iss. 53. – 24 p.
 14. Fishman, M.V. Catalog opredelenii vozrasta porod SSSR radiologicheskimi metodami (severo-vostok Evropeyskoj chasti SSSR, the Severnyj Ural, Pai-Hoi, Novaya Zemlya) [Catalog of definitions of the age of rocks of the USSR by radiological methods (North-East of the European part of the USSR, Northern Urals, Pay-Khoy, Novaya Zemlya)] / M. V. Fishman, V. L. Andreichev, A. D. Estafeyeva. – Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Branch, USSR Ac. Sci., 1981. – 181 p. (Dep. v VINITI. № 531-82).
 15. Priroda "tuffizitov" Srednego Timana v svyazi s problemoy korennykh istochnikovalmazov [The nature of "tuffisites" from the Middle Timan in view of the question on indigenous sources of diamonds] / resp. eds V. I. Vaganov, Yu. K. Golubev, T. E. Shcherbakova [et al.]. – Moscow: Central Research Geological Prospecting Institute of Non Ferrous and Precious Metals, 2001. – 50 p.
 16. Bulakh, A. G. Klassifikatsiya i formuly mineralov (mineralnykh vidov) [Classification and formulas of minerals (mineral types)] / A. G. Bulakh, V. G. Krivovichev, A. A. Zolotarev. – Saint-Petersburg: Saint-Petersburg University Publishing House, 1995. – 28 p.
 17. Termokhronologiya Chernorudskoy granulitovoy zony (Ol'khinskiy region, Zapadnoye Zabaykal'ye) [Thermochronology of the Chernorud granulite zone (Olkhinsky Region, Western Transbaikalia)] / A. V. Travin, D. S. Yudin, A. G. Vladimirov [et al.] // *Geokhimiya* [Geochemistry]. – 2009. – № 11. – P. 1181–1199.
 18. Golubeva, I. I. Kotsentricheski-skorlupovataya otdelnost v doleritakh Srednego Timana [Concentric-shelly jointing in dolerites of the Middle Timan] / I. I. Golubeva, V. I. Rakin // *Bulletin of the Institute of Geology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. – 2012. – № 10. – P. 19–21.
 19. Svidetelstva rannepermnskogo impulsa ultrakaliyevogo magmatizma na Srednem Timane [Evidence for an Early Permian pulse of ultrapotassic magmatism in the Middle Timan] / O. V. Udoratina, A. V. Travin, K. V. Kulikova, D. A. Varlamov // *Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Geological Department*. – 2016. – Vol. 91, Iss. 2–3. – P. 29–35.
 20. Ultrakaliyevyye porody nizhney chasti Verkhne-Vorykvinskogo bazaltovogo pokrova (Sredniy Timan) [Ultrapotassic rocks of the lower part of the Upper-Vorykva basalt cover (Middle Timan)] / O. V. Udoratina, D. A. Varlamov, V. A. Kapitanova, Yu. L. Ronkin // *Bulletin of the Institute of Geology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. – 2015. – № 2. – P. 17–22.
 21. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1 : 200 000 (izdaniye vtoroye). Seriya Timanskaya. Listy Q-39-XXXIII, XXXIV (Timan). Obyasnitelnaya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 200,000 (second edition). Timan Series. Sheets Q-39-XXXIII, XXXIV (Timan). Explanatory Note] / S. I. Kirillin, V. N. Ivanov, V. G. Kotelnikov [et al.]. – Saint-Petersburg: VSEGEI Publishing House, 2023. – 203 p.
 22. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram / M. J. Le Bas, R. W. Le Maitre, A. Streckeisen, B. A. Zanettin // *Journal of Petrology*. – 1986. – Vol. 27, Iss. 3. – P. 745–750. – <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>.
 23. Petrograficheskiy kodeks Rossii. Magmaticheskiye, metamorficheskiye, metasomaticheskiye, impaktnyye obrazovaniya [Petrographic Code of Russia. Igneous, metamorphic, metasomatic, impact formations]. Third edition, corrected and supplemented / Eds-in-chief: O. A. Bogatikov, O. V. Petrov, A. F. Morozov. – Saint-Petersburg: VSEGEI Publishing House, 2009. – 160 p.
 24. Pribyshenya, S. V. Otchet po teme: "Izucheniye rannegertsinskogo trappovogo magmatizma Timana v svyazi s poiskami lateritnykh boksitov (Yuzhnyy i Sredniy Timan)" [Report on the topic: "Research on the Early Hercynian trap magmatism of Timan in connection with the search for lateritic bauxites (Southern and Middle Timan)"]. Vol. 1 / S. V. Pribyshenya, L. T. Belyakova. – Ukhta: Ministry of Geology Ukhta Territorial Geological Administration. Department of Collections, 1975. – Inv. № 8782.

25. Irvine, T. N. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks / T. N. Irvine, W. R. A. Baragar // Canada. J. Earth Sci. – 1971. – Vol. 8. – P. 523–548.
26. Sun, S. S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / S. S. Sun, W. F. McDonough // Magmatism in Ocean Basins. London, Geol. Soc. Spec. Publ. – 1989. – P. 313–345.
27. Pearce, J. A. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses / J. A. Pearce, J. R. Cann // Earth and Planet. Sci. Lett. – 1973. – Vol. 19. – P. 290–300.
28. Thermal and chemical structure of the Iceland plume / J. G. Fitton, A. D. Saunders, M. J. Norry [et al.] // Earth Planet. Sci. Lett. – 1997. – Vol. 153. – P. 197–208. – [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(97\)00170-2](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00170-2).
29. Condie, K. C. The 1.75-Ga Iron King Volcanics in west-central Arizona: a remnant of an accreted oceanic plateau derived from a mantle plume with a deep depleted component / K. C. Condie, B. A. Frey, R. Kerrich // Lithos. – 2002. – Vol. 64. – P. 49–62. – [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(02\)00158-5](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(02)00158-5).
30. Saunders, A. D. Origin of MORB and chemically-depleted mantle reservoirs: trace element constraints / A. D. Saunders, M. J. Norry, J. Tarney // Journal of Petrology. Special Lithosphere Issue. – 1988. – P. 415–445.
31. Jacobsen, S. B. Sm-Nd evolution of chondrites and achondrites / S. B. Jacobsen, G. J. Wasserburg // Earth and Planet. Sci. Lett. – 1984. – Vol. 67. – P. 137–150.
32. Taylor, S. R. The continental crust: Its evolution and composition / S. R. Taylor, S. M. McLennan. – London: Blackwell, 1985. – 312 p.

Благодарность (госзадание)

Исследование проводилось за счет темы НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (122040600012-2; FUUU-2022-0085) и частично государственного задания ИГМ СО РАН (FWZN-2026-0018).

Авторы благодарны главному геологу «Боксит Тимана» И. Ф. Люблинскому, директору ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН И. Н. Бурцеву, сотруднику лаборатории петрографии ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН И. И. Голубевой за помощь при проведения полевых исследований и всестороннюю поддержку при работе над материалом.

Acknowledgements (state task)

The study was funded by the research project of the IG FRC Komi SC UB RAS (122040600012-2; FUUU-2022-0085) and partially by the state assignment of the IGM SB RAS (FWZN-2026-0018).

The authors are grateful to I. F. Lyublinsky, Chief Geologist of AO “Timan Bauxite”, I. N. Burtsev, Director of the Institute of Geology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, and I. I. Golubeva, Senior Researcher at the Petrography Laboratory of the Institute of Geology, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, for their assistance in conducting field research and comprehensive support during the work on the material.

Информация об авторах:

Удортина Оксана Владимировна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID 6507890574; ORCID: 0000-0001-9956-6271; SPIN-код: 3497-3996 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: taykey@yandex.ru).

Исакова Александра Михайловна – младший научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; ORCID: 0000-0002-9770-6696; SPIN-код: 4125-5807 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: alex.sch92@yandex.ru).

Андреичев Валентин Леонидович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID 6602225910; ORCID: 0000-0001-9168-5268; SPIN-код: 2955-2204 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: izo@geo.komisc.ru).

Травин Алексей Валентинович – доктор геолого-минералогических наук Института геологии и минералогии имени В. С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Коптюга, д. 3); Новосибирский государственный технический университет; Scopus Author ID: 7005725588; ORCID: 0000-0002-5640-4560; SPIN-код: 1937-6365 (Российская Федерация, г. Новосибирск, просп. Карла Маркса, д. 20; e-mail: travin@igm.nsc.ru).

Саватенков Валерий Михайлович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией геохронологии и геохимии изотопов, член НТС ЦКП Института геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук (199034, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 2); доцент Санкт-Петербургского государственного университета; Scopus Author ID ...; ORCID: 0000-0003-3024-4164; SPIN-код: 3319-1677 (199178, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, 10-я Линия В. О., 33-35 ; e-mail: v.m.savatenkov@ipgg.ru).

Анферова Екатерина Анатольевна – главный специалист-эксперт. Министерство природных ресурсов и экологии Республики Коми (167983, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Интернациональная, д. 108а).

About the authors:

Oksana V. Udoratina – Candidate 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; Scopus Author ID: 6507890574; ORCID: 0000-0001-9956-6271; SPIN-code: 3497-3996 (54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: taykey@yandex.ru).

Alexandra M. Isakova – Junior Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; ORCID: 0000-0002-9770-6696; SPIN-code: 4125-5807 (54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: alex.sch92@yandex.ru).

Valentin L. Andreichev – Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Chief Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID 6602225910; ORCID: 0000-0001-9168-5268; SPIN-code: 2955-2204 (54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: izo@geo.komisc.ru).

Alexey V. Travin – Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Institute of Geology and Mineralogy named after V. S. Sobolev, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (3 Akademicheskaya Koptug ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation; Novosibirsk State Technical University; Scopus Author ID: 7005725588; ORCID: 0000-0002-5640-4560; SPIN-code: 1937-6365 (e-mail: travin@igm.ns).

Valery M. Savatenkov – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Head of the Laboratory of Geo-chronology and Geochemistry of Isotopes, Member of the Scientific and Technical Council of the Common Use Centre at the Institute of Precambrian Geology and Geochronology of the Russian Academy Sciences (2 Makarov emb., Saint-Petersburg, 199034, Russian Federation); Associate Professor at the Saint-Petersburg State University; ORCID: 0000-0003-3024-4164; SPIN-code: 3319-1677 (33-35, 10th line of the Vasilyevsky Island, Saint-Petersburg, 199178, Russian Federation; e-mail: v.m.savatenkov@ipgg.ru).

Ekaterina A. Anferova – Chief Specialist Expert at the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Republic of Komi (108a Internatsionalnaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167983, Russian Federation).

Для цитирования:

Базальты и долериты Среднего Тимана: новые данные / О. В. Удоратина, А. М. Исакова, В. Л. Андреичев, А. В. Травин [и др.] // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2026. – № 4 (89). – С. 96-116.

For citation:

Bazalty i dolerity Srednego Timana: novye dannye [Basalts and dolerites of the Middle Timan: new data] / O. V. Udoratina, A. M. Isakova, V. L. Andreichev [et al.] // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences". – 2026. – № 4 (89). – P. 96-116.

Дата поступления рукописи: 05.05.2026

Прошла рецензирование: 13.05.2026

Принято решение о публикации: 26.05.2026

Received: 05.05.2026

Reviewed: 13.05.2026

Accepted: 26.05.2026