

УДК 552.31 (470.111)
DOI 10.19110/1994-5655-2020-6-40-48

А.М. ШМАКОВА^{*,}, К.В. КУЛИКОВА^{*}**

**ПЕТРОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ
ПОЗДНЕДЕВОНСКИХ ДОЛЕРИТОВ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ ПОЛУОСТРОВА КАНИН**

**Институт геологии
им. академика Н.П. Юшкина
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

***Всероссийский научно-исследовательский
геологический институт
им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ),
г. Санкт-Петербург*

alex.sch92@yandex.ru

A.M. SHMAKOVA^{*,}, K.V. KULIKOVA^{*}**

**PETROGRAPHY AND MINERALOGY
OF THE LATE DEVONIAN DOLETERITES
OF THE CENTRAL AND SOUTH-EASTERN
KANIN PENINSULA**

**N.P. Yushkin Institute of Geology,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktывkar*

***A.P. Karpinsky Russian Geological Research
Institute (VSEGEI),
St. Petersburg*

Аннотация

В статье приведены петрографическая характеристика и новые данные о минералогических особенностях долеритов канино-тиманского долеритового комплекса (βD_3kt) центральной и юго-восточной частях п-ова Канин. Установлено, что долериты центра и юго-востока полуострова отличаются между собой по глубине кристаллизации пород и скорости остывания расплава. Помимо этого, установлена зональность в телах дайковой серии, обусловленная различным химическим составом породообразующих минералов. В породах происходил «отток тепла от лежащего борта к висячему», что обуславливает зональность.

Ключевые слова:

пироксен, плагиоклаз, титаномагнетит, температура кристаллизации, давление, долериты, дайки, полуостров Канин

Abstract

Petrographic characteristics and new data on mineralogical characteristics of rocks of the Kanin-Timan dolerite complex (βD_3kt) in the central and southeastern part of the Kanin Peninsula are presented. Pyroxenes of dolerites correspond in chemical composition: in the center of grains – to augite, and at the edges – to ferroaugite. Difference between pyroxenes of dolerites from different regions of the peninsula is in the presence of exsolution in the pyroxenes of dolerites from the center of the Kanin Peninsula.

Using the Lindsley diagram for determining the crystallization temperature for all studied clinopyroxenes, it was found that the central part of the crystals crystallized at a temperature from 1300 to 1000 °C, in the marginal part the crystallization temperature varied from 1100 to 900 °C.

According to the Nekvasil diagram, the central compositions of the clinopyroxene grains fall into the pressure field from 4.3 to 14.3 kbar. The compositions of the edge parts of clinopyroxenes correspond to pressure fields of 1 atm. Thus, from the grain centers to the edges, a regularity of pressure decrease during the crystallization of clinopyroxenes and, accordingly, dolerites is observed. The beginning of crystallization of dolerites in the central part of the Kanin Peninsula occurred in deeper conditions compared to the same rocks in the southeastern part of the peninsula.

As a result of studies of the mineral composition of the rocks of the complex under study, it was found that the dolerites in the center and south-east of the peninsula differ in the depth of rock crystallization and the rate of melt cooling.

Keywords:

pyroxene, plagioclase, titanomagnetite, crystallization temperature, pressure, dolerites, dikes, Kanin Peninsula

Введение

Канин Кряж (полуостров Канин) является частью Тиманского орогена, в пределах которого в девонское время проходили процессы рифтогенеза, сопровождаемые базитовым магматизмом [1–3]. На всей территории Тиманского орогена установлены базальтовые покровы и дайки долеритов, выделяемые в составе канино-тиманского долеритового комплекса ($\beta D_3 kt$) [4]. Абсолютный возраст этого комплекса, определенный по базальтам Вежаю-Ворыкинскому покрову Среднего Тимана, составляет 389 ± 8 млн лет [5]. А.Б. Макеевым с соавторами [6] установлено, что магматиты Тимана относятся к разнотемпным, разнофациальным, крайне неравновесным породам, которые характеризуются непостоянством состава, различиями структурно-текстурных особенностей и вторичных преобразований, что может говорить о различных условиях плавления и кристаллизации пород [7].

На территории п-ова Канин периоды магматической активности пришлись на поздний протерозой и палеозой [8,1,3,9]. Магматиты позднего протерозоя представлены метадолеритами, монцититами, двуслюдяными гранитами, пегматитами и щелочными габброидами, подробные данные по их геологии, составу и возрасту представлены в ряде публикаций [8,10,11]. Раннепалеозойские породы основного состава, а именно позднедевонские долериты и базальты полуострова, относящиеся, как и на Тимане, к канино-тиманскому долеритовому комплексу ($\beta D_3 kt$), менее изучены. Установлено, что эти породы относятся к трапповой формации и по ним еще в 70-х гг. прошлого столетия получены противоречивые данные абсолютного возраста от 378 до 288 млн лет [4]. Подробная вещественная характеристика этих пород на современном уровне отсутствует и на сегодняшний момент является весьма актуальной задачей.

В ходе геолого-съемочных работ в 2018–2019 гг. в составе Канинской партии ВСЕГЕИ под руководством Д.В. Зархидзе и А.С. Букасса нами опробованы дайки долеритов и покровы базальтов в центральной и юго-восточной частях п-ова Канин.

Целью данного исследования является геологическое и петрографическое описание долеритов п-ова Канин, а также получение новых данных о минеральном составе и условиях кристаллизации изучаемых пород.

Материал и методы

Объектами исследования являются долериты канино-тиманского гипабиссального долеритового комплекса, отобранные в центральной части и на юго-востоке п-ова Канин. Описание и фотографирование шлифов проводилось на поляризационном микроскопе Olympus BX51, состав минералов и растровые снимки получены с помощью сканирующего микроскопа Tescan Vega 3 LMN с энергодисперсным спектрометром X-Max (аналитики: Е.М. Тропников, А.С. Шуйский) в ЦКП «Геонаука» Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Расчет температур кристаллизации пироксенов долеритов был выполнен по методике, разработанной Линдсли [12]. Давление, при котором кристаллизовались пирок-

сены, рассчитано на основе диаграммы влияния давления на содержание катионов Al и Ti [13].

Геология и петрография

На п-ове Канин канино-тиманский комплекс представлен интрузивными дайками долеритов и телами субвулканических базальтов, расположенными в основном в центральной части (реки Горелая, Тальбей, Падлей, Менсейяха, Мурсейяха) и частично на юго-востоке полуострова (побережье Чешской губы, бассейн р. Б. Ойва, р. Немазямаяха) (рис.1).

Долериты комплекса образуют дайки, секущие рифейские сланцы. Мощность тел 2–10 м, редко встречаются дайки, достигающие 50 м (р. Падлей, р. Тальбей). По данным предшественников их протяженность от нескольких до первых десятков километров [4], простираются преимущественно субмеридиональное, реже северо-западное (рис. 2). Цвет породы темно-серый, голубовато- или зеленовато-серый.

В петрографическом строении долеритов выделяются следующие особенности. По размерности зерен структура долеритов делится на тонко- (0,25 — 0,6 мм) и мелкозернистую (1,0 — 1,5 мм). Текстура пород чаще всего массивная, в единичных случаях миндалекаменная. Миндалины мелкие (до 1 мм), зональные, выполнены сидеритом, кальцитом и кварцем. Микроструктура пород офитовая (рис. 3), реже порфиристая (рис. 3 е), пойкилоофитовая (рис. 3 а). Редкие порфиристые вкрапленники (до 1,8 мм) представлены не зональными лейстами плагиоклаза, соответствующего по химическому составу битовниту. Основная масса породы сложена преимущественно зональными клинопироксенами и плагиоклазами. Плагиоклаз встречается в виде лейст размером от 0,5 до 1,5 мм, часто наблюдается замещение минерала поздним альбитом или олигоклазом. Клинопироксен представлен ксеноморфными, реже гипидиоморфными кристаллами, размером от 0,25 до 1,5 мм. Минерал плеохроирует в белых, желтых и бежевых тонах, угол погасания составляет 40° .

Большинство даек довольно монотонны в структурном плане. Чаще всего встречаются мелкозернистые породы, реже тонкозернистые, иногда наблюдается зональность в виде увеличения размерности зерен от одного края к другому. В некоторых дайках наблюдаются миндалины с одного края тела. В целом долериты центральной и юго-восточной частях п-ова Канин схожи между собой, они разделяются на тонкозернистые (рис. 3 а, б), мелкозернистые (рис. 3 в, г), с вкрапленниками плагиоклаза (рис. 3 е), с миндалинами (рис. 3 д) и подверженные выветриванию (рис. 3 в, г).

Для долеритов были выявлены следующие минералогические особенности.

В плагиоклазах долеритов как центральной части полуострова, так и на юго-востоке, центры плагиоклазов по химическому составу соответствуют лабрадору An_{50-69} , в единичных случаях битовниту An_{70-72} , ближе к краю состав меняется на более

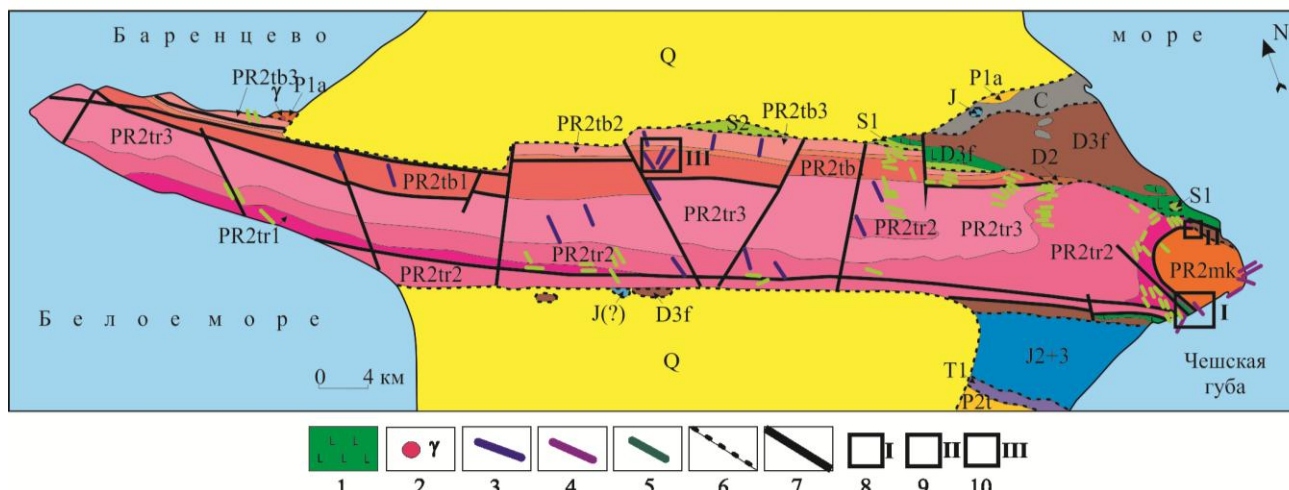


Рис. 1 Геологическая карта хребта Канин Камень с участками отбора материала (по [1]): 1 – девонские базальты, 2 – граниты, 3 – дайки девонских долеритов, 4 – пегматиты, 5 – метадиабазы и амфиболиты, 6 – стратиграфические несогласия, 7 – разломы, 8 – 10 участки отбора материала. Отложения: Q – четвертичные, J – юрские; J₂₊₃ – средне- и верхнеюрские; T₁ – нижнетриасовые; P_{2t} – верхнепермские, татарский ярус; P_{1a} – нижнепермские, ассельский ярус; C – каменноугольные; D_{3f} – верхнедевонские, франкий ярус; D₂ – среднедевонские; S₂ – верхнесилурийские; S₁ – нижнесилурийские; PR₂ – верхнедокембрийские; PR_{2mk} – микулкинская серия: гнейсовидные алевро-псаммиты и кристаллические сланцы, скарноиды; PR_{2tr} – тархановская серия: PR_{2tr1} – нижняя свита, кварцито-сланцевая, PR_{2tr2} – средняя свита, сланцевая, PR_{2tr3} – верхняя свита, сланцево-кварцитовая; PR_{2tb} – табуевская серия: PR_{2tb1} – свита ручья Болванского: песчаники, алевролиты и глинистые сланцы, PR_{2tb2} – янейская свита, PR_{2tb3} – гнильская свита: глинистые сланцы и филлиты, карбонатно-терригенные породы.
 Fig. 1. Geological map of the Kanin Kamen Ridge with sampling sites (according to [1]): 1 – Devonian basalts, 2 – granites, 3 – Devonian dolerite dikes, 4 – pegmatites, 5 – metadiabases and amphibolites, 6 – stratigraphic unconformities, 7 – faults, 8 – 10 sites of material selection. Deposits: Q – Quaternary, J – Jurassic; J₂₊₃ – Middle and Upper Jurassic; T₁ – Lower Triassic; P_{2t} – Upper Permian, Tatar stage; P_{1a} – Lower Permian, Asselian stage; C – coal; D_{3f} – Upper Devonian, Frasnian stage; D₂ – Middle Devonian; S₂ – Upper Silurian; S₁ – Lower Silurian; PR₂ – Upper Precambrian; PR_{2mk} – Mikulkin series: gneiss-like silty-psammities and crystalline schists, skarnoids; PR_{2tr} – Tarkhan series: PR_{2tr1} – lower formation, quartzite-schist, PR_{2tr2} – middle formation, shist, PR_{2tr3} – upper formation, shale-quartzite; PR_{2tb} – Tabuev series: PR_{2tb1} – suite of the Bolvansky brook: sandstones, siltstones and clay shales, PR_{2tb2} – Yanei suite, PR_{2tb3} – Gnil' suite: clay shales and phyllites, carbonate-terrigeneous rocks.

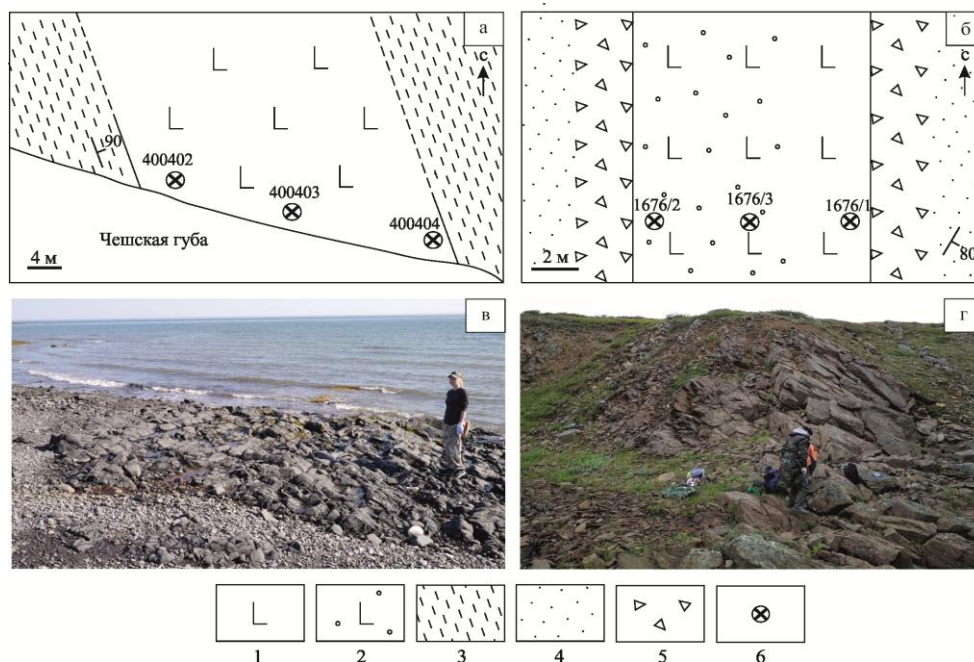


Рис. 2. Схема геологического положения (строения) даек долеритов: а, в – дайка долеритов на побережье Чешской губы; б, г – дайка долеритов в бассейне р. Тальбей. Условные обозначения: 1 – долериты, 2 – миндалекаменный долерит, 3 – кристаллические сланцы по песчанику и алевролиту, 4 – песчаник, 5 – элювиально-деллювиальные развалы, 6 – место отбора проб.
 Fig. 2. Scheme of the geological position (structure) of dolerite dikes: а, в – dolerite dike on the coast of the Czech Bay, б, г – dolerite dike in the basin of the river Talbey. Legend: 1 – dolerites, 2 – amygdaloidal dolerite, 3 – crystalline shists along sandstone and siltstone, 4 – sandstone, 5 – eluvial-deluvial breakdowns, 6 – sampling site.

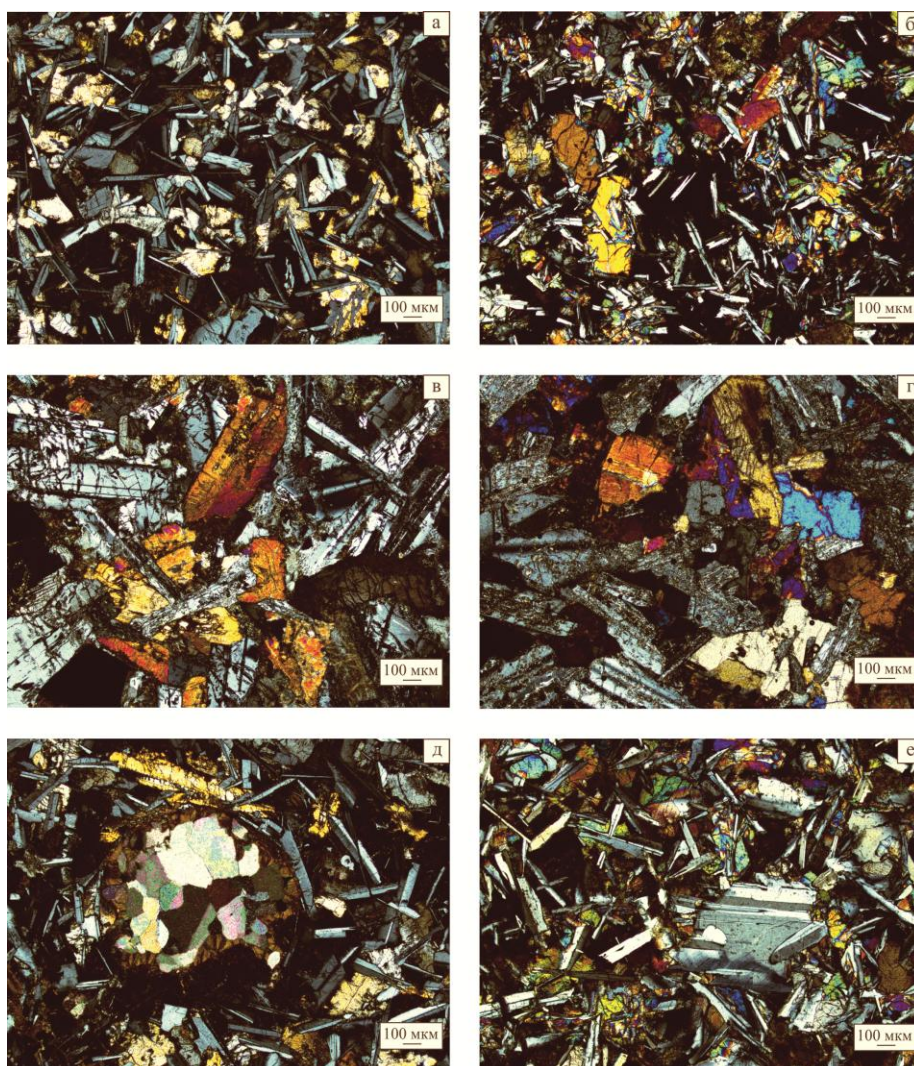


Рис. 3. Долериты п-ова Канин: долериты центральной части полуострова – а, в, д, е; долериты юго-востока полуострова – б, г; а-е – офитовая структура: а, б – тонкозернистая структура, в, г – мелкозернистая структура, д – миндалины кальцита с хлоритовой каемкой, е – вкрапленники плагиоклаза (фото с анализатором).

Fig. 3. Dolerites of the Kanin Peninsula: dolerites of the central part of the peninsula – а, в, д, е; dolerites of the southeast of the peninsula – б, г; а-е – ophitic texture: а, б – fine-grained texture, в, г – close-grained texture, д – calcite amygdale with a chlorite border, е – plagioclase phenocrysts (photo with an analyzer).

натриевый и соответствует низкокальциевому лабрадору An_{50-60} , либо андезину An_{33-49} (рис. 4; табл. 1).

Клинопироксены долеритов центральной части полуострова по химическому составу в центре зерна соответствуют преимущественно авгиту и магниевому пижониту, в единичных случаях составы соответствуют промежуточному пижониту и субкальциевому авгиту. В краевой части содержание железа постепенно увеличивается, и состав пироксена меняется в сторону ферроавгита, реже субкальциевого ферроавгита и железистого пижонита (рис. 5; табл.2). Наличие пижонита указывает на тонкие структуры распада твердого раствора, которые трудно диагностировать в шлифах, данные структуры свидетельствуют об условиях медленного остывания [14].

Химический состав в центре зерен клинопироксенов долеритов юго-востока соответствует авгиту,

по краям состав либо остается прежним, либо переходит в более железистые разновидности: ферроавгит и субкальциевый ферроавгит (рис. 5; табл.3).

Акцессорные минералы представлены апатитом и КПШ. Установленный апатит образует редкие скелетные изометричные и игольчатые кристаллы микроскопических размеров (0,01–0,03 мм). КПШ в долеритах встречается в единичных зернах (размер до 0,1 мм).

Из рудных минералов в долеритах установлено значительное количество скелетных кристаллов титаномагнетита со структурой распада (рис. 6). Размер кристаллов достигает 0,5 мм, в единичных случаях 1 мм. Данный минерал делится на три группы по наличию ламелей и их химическому составу.

Первую группу составляют гомогенные титаномагнетиты без видимых структур распада. В составе данных титаномагнетитов присутствует относительно большое количество $TiO_2=19-26$ мас. %, химическая формула минерала варьирует в пределах $Fe^{2+}_{0,91-2,87} (Ti^{3+}_{0,43-0,74} Fe^{3+}_{0,7-1,41})O_4$ (табл.4). Титаномагнетиты без структуры распада установлены в центральной части полуострова и на юго-востоке.

Во вторую группу входит титаномагнетит долеритов со структурой распада. Химическая формула минерала варьирует в более широких пределах $Fe^{2+}_{0,87-1,58} (Ti^{3+}_{0,34-0,77} Fe^{3+}_{1,01-1,55}) O_4$. Содержание диоксида титана в матриксе составляет $TiO_2 = 13-25$ мас. %. Ламели имеют в составе содержание $TiO_2=28-40$ мас. %, $Fe_2O_3=51-65$ мас. %, минимальные соотношения ламелей: Илменит (35–64), Нематит (34–64), Геикелит (1–3), Пуррофанит (0–2). Минералы из данной группы установлены только в центральной части п-ова Канин.

Третью группу составляет титаномагнетит с более крупными и четкими ламелями ильменита. Химическая формула минерала варьирует в широких пределах $Fe^{2+}_{0,87-1,59} (Ti^{3+}_{0,34-0,65} Fe^{3+}_{1,06-1,46}) O_4$. Содержание диоксида титана в матриксе минерала составляет $TiO_2 = 9-27$ мас. %. Содержание TiO_2 в ла-

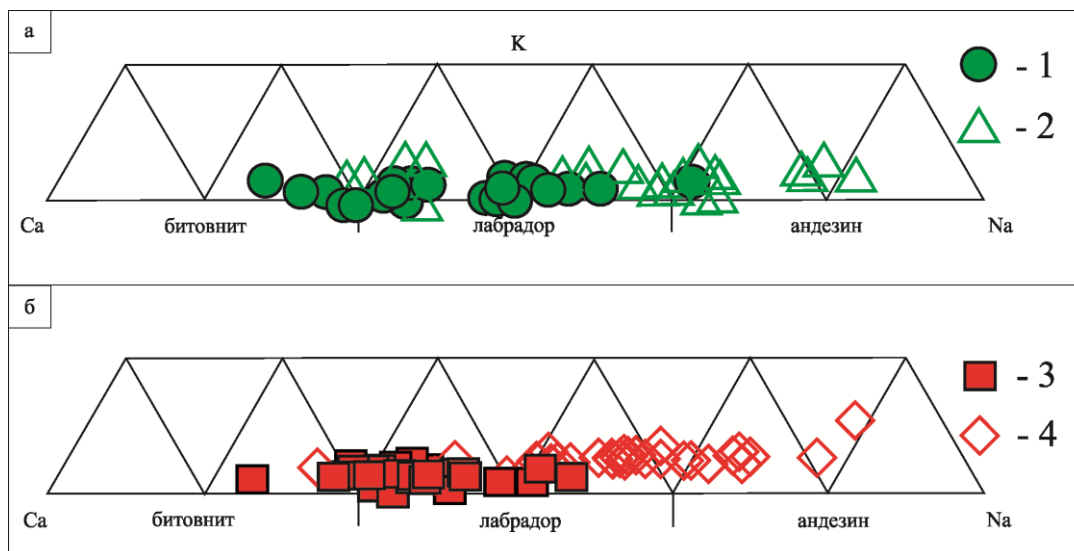


Рис. 4. Составы плагиоклазов долеритов п-ова Канин. Условные обозначения: плагиоклазы долеритов юго-восточной части полуострова (а): 1 – центр зерна, 2 – край зерна. Плагиоклазы из долеритов центральной части полуострова (б): 3 – центр зерна, 4 – край зерна.
 Fig. 4. Compositions of plagioclases of dolerites of the Kanin Peninsula. Legend: dolerite plagioclases of the southeastern part of the peninsula (a): 1 – grain center, 2 – grain edge. Plagioclases from dolerites of the central part of the peninsula (b): 3 – grain center, 4 – grain edge.

Химический состав (мас. %) плагиоклазов долеритов п-ова Канин

Таблица 1

Chemical composition (wt.%) of plagioclases of dolerites of the Kanin Peninsula

Table 1

Компонент, мас. %	Центральная часть полуострова				Юго-восток полуострова			
	Минерал							
	лабрадор	андезин	битовнит	лабрадор	лабрадор	андезин	битовнит	лабрадор
	№ образца							
	1115	1115	1676-1	1676-1	406501	406501	351501	351501
	Положение точки							
центр	край	центр	край	центр	край	центр	край	
SiO ₂	51.27	57.21	49.4	53.19	54.52	60.53	49.25	52.25
Al ₂ O ₃	30.39	27.24	31.68	29.54	28.63	24.7	30.76	30.31
CaO	13.87	9.53	15.23	12.37	11.65	7.6	14.56	13.58
Na ₂ O	3.53	5.84	2.69	4.23	4.75	6.78	2.92	3.6
K ₂ O	0.18	0.28	0.14	0.23	0.24	0.4	0.12	0.2
Сумма	99.24	100.1	99.14	99.56	99.79	100.01	98.1	100.71

мелях – 37–50 мас. %, Fe₂O₃ = 49–58 мас. %, минимальные соотношения ламелей: Ilmenite (54–90), Hematite (13–44), Geikelite (0–3), Pyrophanite (1–2). Подобные разновидности установлены как в центральной, так и в юго-восточной части полуострова.

Наличие или отсутствие структуры распада, а также различие в химическом составе ламелей титаномагнетита может быть связано с условиями кристаллизации минерала. Титаномагнетит без структуры распада мог кристаллизоваться в результате быстрого остывания расплава. Наличие структуры распада свидетельствует о более медленном остывании [16]. Титаномагнетит без структуры распада наблюдается преимущественно у дайек маленькой мощности.

Помимо титаномагнетита, из рудных минералов в долеритах установлены сульфиды: халькопирит в виде изометричных зерен размером до

0,025 мм и пирит в виде единичных кристаллов размером до 0,015 мм. В редких случаях отмечаются галенит и ильменит. В межзерновом пространстве долеритов наблюдается стекло, полностью замещенное палагонитом.

Для выяснения температуры и давления кристаллизации долеритов был использован ряд диаграмм.

С помощью диаграммы Линдсли [12] для определения температуры кристаллизации для всех изученных клинопироксенов установлено, что центры зерен пироксенов центральной части полуострова кристаллизовались при температуре преимущественно от 1200 до 1100°C, в то время как на юго-востоке температура кристаллизации была немного ниже, от 1100 до 1000°C. В краевой части зерен температура варьировала в пределах от 1100 до 900°C независимо от района исследований. Так-

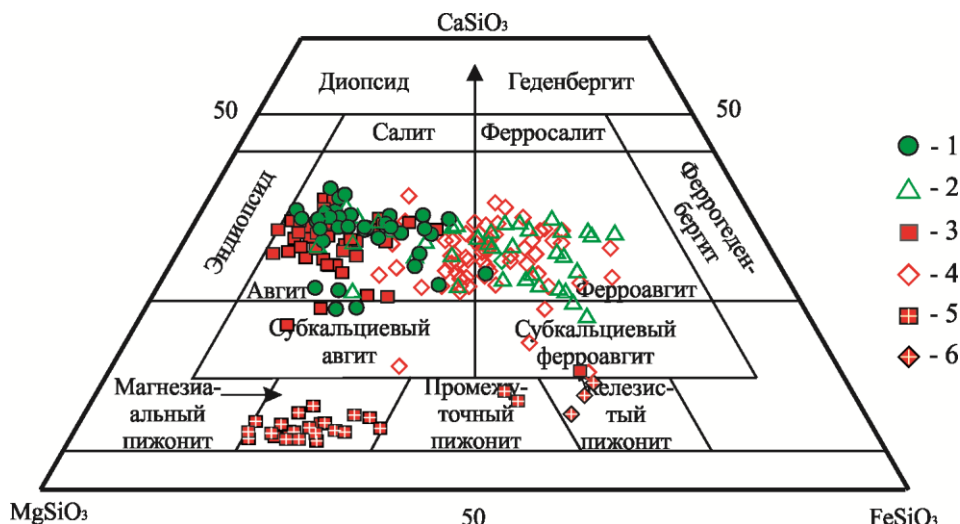


Рис. 5. Положение фигуративных точек состава клинопироксенов (по [15]) из позднедевонских долеритов п-ова Канин. Условные обозначения: пироксены из долеритов юго-восточной части полуострова: 1 – центр зерна, 2 – край зерна. Пироксены долеритов центральной части полуострова: 3 – центр зерна, 4 – край зерна, 5 – пироксены со структурой распада (центр зерна), 6 – пироксены со структурой распада (край зерна).

Fig. 5. Position of the figurative points of the clinopyroxene composition (according to [15]) from the Late Devonian dolerites of the Kanin Peninsula. Legend: pyroxenes from dolerites in the southeastern part of the peninsula: 1 – grain center, 2 – grain edge. Dolerite pyroxenes in the central part of the peninsula: 3 – grain center, 4 – grain edge, 5 – pyroxenes with exsolution (grain center), 6 – pyroxenes with exsolution (grain edge).

Таблица 2

Химический состав (мас. %) пироксенов долеритов центральной части п-ова Канин

Table 2

Chemical composition (wt.%) of dolerite pyroxenes of the central part of the Kanin Peninsula

Компо- по- нент, мас. %	Центральная часть полуострова							
	Минерал							
	Авгит	Авгит	Ферроав- гит	Ферроав- гит	Мг пижонит	Мг пижонит	Fe пижонит	Fe пижонит
	№ образца							
	1115	1679	1115	1679	1115	1676-1	1115	1115
	Положение точки							
	центр	центр	край	край	центр	центр	центр	центр
SiO ₂	51.64	52.04	50.21	49.91	54.29	54	49.6	49.12
TiO ₂	0.74	0.61	0.48	0.69	0.35	0.21	0.35	0.33
Al ₂ O ₃	2.17	3.3	1.08	1.01	0.82	1.06	0.58	0.49
FeO	12.29	7.47	20.42	23.43	17.41	14.53	32.02	32.38
MnO	0.26	0.2	0.51	0.47	0.43	0.36	0.88	0.92
MgO	16.55	18.23	9.28	9.42	22.87	24.44	9.77	9.75
CaO	15.76	18.09	16.66	15.13	4.11	5.18	5.71	4.97
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-
Сумма	99.41	99.94	98.64	100.06	100.28	99.78	98.91	97.96

же можно отметить следующие тенденции изменения составов клинопироксенов и температур их кристаллизации в различных участках даек.

В клинопироксенах долеритов центрального района п-ова Канин количество пижонита уменьшается от западных бортов даек к восточным. Для даек юго-востока полуострова характерно как от-

сутствие зональности породообразующих минералов в теле, так и ее наличие. Установленная зональность в теле выражается в наличии изменения химического состава пироксенов в зависимости от их расположения в теле. Так, зональность пироксенов прослеживается в западном борту и центре тела (авгит-ферроавгит) и отсутствует в восточном борту

Химический состав (мас. %) пироксенов долеритов юго-востока полуострова Канин

Таблица 3

Chemical composition (wt.%) of dolerite pyroxenes in the southeast of the Kanin Peninsula

Table 3

Компонент, мас. %	Юго-восток полуострова			
	Минерал			
	авгит	ферроавгит	авгит	авгит
	№ образца			
	400504	400504	406501	406501
	Положение точки			
	центр	край	центр	край
SiO ₂	51.85	48.02	52.15	49.55
TiO ₂	0.71	0.76	0.72	1.6
Al ₂ O ₃	1.32	0.98	2.66	2.64
FeO	14.97	27.17	8.15	17.27
MnO	0.38	0.64	-	0.41
MgO	15.97	7.55	16.53	11.5
CaO	14.74	13.31	19.11	16.91
Na ₂ O	-	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-
Сумма	99.94	98.43	99.32	99.88

(авгит-авгит). В породах, по всей видимости, происходил «отток тепла от лежащего борта к висячему». Титаномагнетит с более обильными и тонкими структурами распада сочетается с зональным пироксеном (авгит-ферроавгитом), титаномагнетит с редкими lamелями наблюдается совместно с незональным пироксеном (авгитом).

На основе диаграммы влияния давления на содержание катионов Al и Ti [13] было установлено, что центральные составы зерен клинопироксенов попадают в поле давлений от 4,3 до 14,3 кбар (рис. 7). Составы краевых частей клинопироксенов соответствуют полям давлений в 1 atm. Таким образом, от центров зерен к краям прослеживается закономерность уменьшения давления при кристаллизации клинопироксенов и соответственно долеритов. Исходя из этой диаграммы также можно сде-

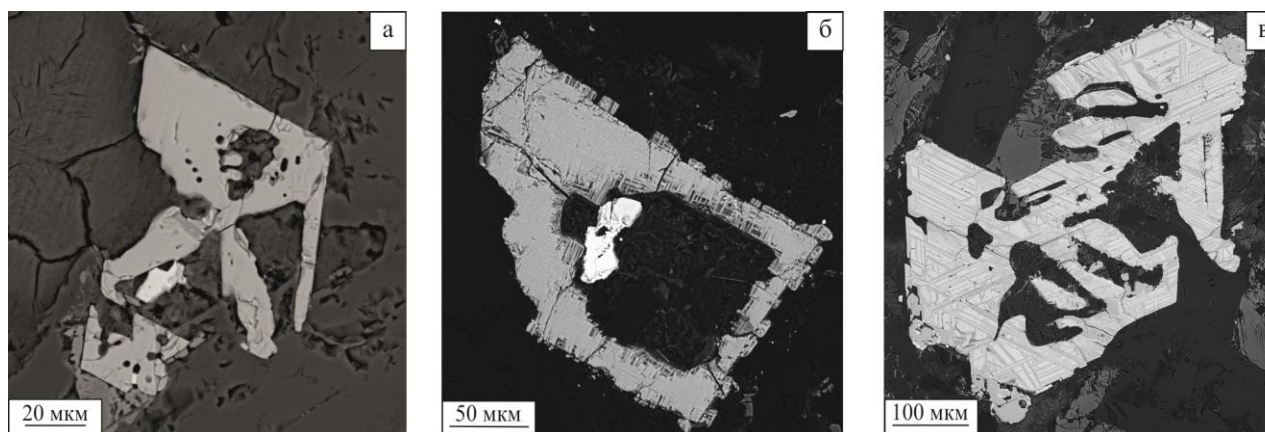


Рис. 6. Скелетные кристаллы титаномагнетита в долеритах центральной части п-ова Канин: а – гомогенные кристаллы титаномагнетита, б – кристаллы титаномагнетита со слабой структурой распада, в – титаномагнетит с интенсивной структурой распада (фото в обратно рассеянных электронах).

Fig. 6. Skeletal crystals of titanomagnetite in dolerites of the central part of the Kanin Peninsula: а – homogeneous crystals of titanomagnetite, б – titanomagnetite crystals with weak exsolution, в – titanomagnetite with intense exsolution (photo in backscattered electrons).

Химический состав (мас. %) титаномагнетита долеритов п-ова Канин

Таблица 4

Chemical composition (wt.%) of titanomagnetite from dolerites of the Kanin Peninsula

Table 4

Компонент, мас. %	Центральная часть полуострова					Юго-восток полуострова		
	№ образца					351501	400401	400401
	1676-1	1676-1	1115	1115	1679			
	Положение точки							
	ламель	матрикс	ламель	матрикс	матрикс	ламель	матрикс	
SiO ₂	0,2	0,33	-	0,22	0,33	0,69	5,44	0,54
TiO ₂	50,65	13,91	31,98	19,69	24,83	26,53	51,07	23,12
Al ₂ O ₃	-	1,85	0,83	1,74	1,83	2,32	0,7	2,13
FeO	46,71	76,98	54,82	67,74	69,86	65,03	34,52	60,17
MnO	0,68	1,16	0,6	0,55	-	3,11	-	4,35
MgO	0,5	-	0,86	-	0,42	-	-	-
V ₂ O ₅	-	-	-	-	0,81	-	-	-
Сумма	98,74	94,23	89,09	89,94	98,08	97,68	91,73	90,31

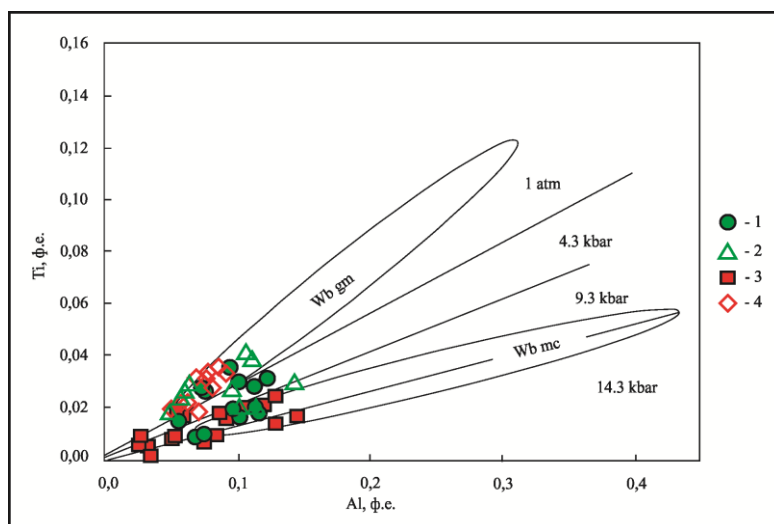


Рис. 7. Вариационная диаграмма Ti-Al (по [16]) для пироксенов позднедевонских долеритов п-ова Канин. Условные обозначения: пироксены долеритов юго-восточной части полуострова: 1 – центр зерна, 2 – край зерна. Пироксены долеритов центральной части полуострова: 3 – центр зерна, 4 – край зерна.

Fig. 7. Variational diagram of Ti-Al (according to [13]) for pyroxenes of the Late Devonian dolerites of the Kanin Peninsula. Legend: dolerite pyroxenes of the southeastern part of the peninsula: 1 – grain center, 2 – grain edge. Dolerite pyroxenes in the central part of the peninsula: 3 – grain center, 4 – grain edge.

Из этого следует вывод, что начало кристаллизации долеритов центральной части п-ова Канин происходило в более глубоких условиях по сравнению с таковыми же породами юго-восточной части полуострова.

Заключение

В результате исследований минерального состава пород изучаемого комплекса установлено, что долериты центра и юго-востока полуострова отличаются между собой по глубине кристаллизации пород и скорости остывания расплава. Так, долериты из центральной части полуострова относятся к более глубинным породам, кристаллизовавшимся при более высоких температурах и давлении, относительно пород юго-востока.

Таким образом, при общем сходстве, долериты имеют различия минерального состава в зависимости от района исследований и зональности в телах, что, вероятно, связано с эволюцией девонского магматического очага и процессами магматической дифференциации.

Литература

1. Оловянишников В.Г. Геологическое развитие Северного Тимана и полуострова Канин. Сыктывкар: Геопринт, 2004. 80 с.
2. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: Дизайн-ПолиграфСервис, 2010. 280 с.
3. Степаненко В. И. Канино-Тимано-Печорская провинция позднедевонского внутри плитного магматизма (положение и размеры) // Доклады Академии наук. 2016. Т. 467. № 5. С. 572–575.

4. Журавлев В.А., Куприн В.Ф., Лукьянова Л.И., Парамонова М.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-38 – Мезень. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 311 с. + 3 вкл.

5. Удорткина О.В., Андричев 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: Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Т.П. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2014. 384 с.

6. Макеев А.Б., Лебедев В.А., Брянчанинова Н.И. Магматиты Среднего Тимана. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 348 с. ISBN 5-7691-1878-4

7. Кокс К.Г., Белл Дж. Д., Пан-кхерст Р.Дж. Интерпретация изверженных горных пород. М.: Недра, 1982. 414 с.

8. Андричев В.Л., Соболева А.А., Сергеев С.А., Пресняков С.Л. Цирконовая хронология интрузивного магматизма полуострова Канин // Известия вузов. Геология и разведка. 2018. № 4. С. 30–38.

9. Тиманский кряж. В 2 т. Т. 2. Литология и стратиграфия, геофизическая характеристика земной коры, тектоника, минерально-сырьевые ресурсы: монография. Ухта: УГТУ, 2010. 437 с.
10. Ивенсен Ю.П. Магматизм Тимана и полуострова Канин. М.: Наука, 1964. 123 с.
11. Костюхин М.Н., Степаненко В.И. Байкальский магматизм Канинско-Тиманского региона. Л.: Наука, 1987. 232 с.
12. Lindsley D. H. Pyroxene thermometry // American Mineralogist. 1983. Vol. 68. P. 477–493.
13. The Origin and Evolution of Silica-saturated Alkalic Suites: an Experimental Study / H. Nekvasil, A. Dondolini, J. Horn, J. Filiberto, H. Long, D. H. Lindsley // Journal of Petrology. 2004. Vol. 45. No 4. P. 693–721. DOI: 10.1093/petrology/egg103
14. Патнис А., Мак-Коннелл Дж. Основные черты поведения минералов: Пер. с англ. М.: Мир, 1983. 304 с.
15. Morimoto N., Fabries J., Ferguson A.K. et al. Nomenclature of pyroxenes // American Mineralogist. 1988. Vol. 73. P.1123–1133.
16. Рамдор. П. Рудные минералы и их сростания. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 1132 с.

References

1. Olovyanishnikov V.G. Geologicheskoe razvitiye Severnogo Timana i p-ova Kanin [Geological

- development of the Northern Timan and Kanin Peninsula]. Syktyvkar: Geoprint, 2004. 80 p.
2. *Puchkov V.N.* Geologiya Urala i Priuralya (aktualnie voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii [Geology of the Urals and SubUrals (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DesignPoligraphService, 2010. 280 p.
 3. *Stepanenko V.I.* Kanino-Timano-Pechorskaya provinciya pozdnedevonskogo vnutriplitovogo magmatizma (polozhenie [Kanin-Timan-Pechora province of the Late Devonian intraplate magmatism (position and size)] // *Doklady Earth Sciences*. 2016. Vol. 467. No. 5. P. 572–575.
 4. *Zhuravlev V. A., Kuprin V. F., Lukyanova L. I., Paramonova M. S.* et al. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 [State geological map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (3rd generation)]. Mezen series. Sheet Q-38 – Mezen. Explanatory note. St.Petersburg: Cartographic factory VSEGEI, 2012. 311 p.
 5. *Udoratina O. V., Andreichev V. L., Travin A. V., Savatenkov V. M.* Bazalty Srednego Timana: Rb-Sr, Sm-Nd, i Ar-Ar dannie [Basalts of the Middle Timan: Rb-Sr, Sm-Nd, and Ar-Ar data] // *Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: Materials of the XVI Geol. Congress of the Komi Republic*. Vol. II. Syktyvkar: Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Branch, RAS, 2014. 384 p.
 6. *Makeev A. B., Lebedev V. A., Bryanchaninova N.I.* Magmatity Srednego Timana [Magmatites of the Middle Timan]. Ekaterinburg: Ural Branch, RAS, 2008. 348 p. ISBN 5-7691-1878-4
 7. *Cox C. G., Bell J. D., Pankhurst R. J.* Interpretaciya izverzhennyh gornyh porod [Interpretation of igneous rocks]. Moscow: Nedra, 1982. 414 p.
 8. *Andreichev V. L., Soboleva A. A., Sergeev S. A., Presnyakov S. L.* Cirkonovaya hronologiya intruzivnogo magmatizma poluostrova Kanin [Zircon chronology of intrusive magmatism of the Kanin Peninsula] // *Proc. of the universities. Geology and exploration*. 2018. № 4. P. 30–38.
 9. *Timanskii kryazh* [Timan ridge]. In 2 volumes. Vol. 2. Lithology and stratigraphy, geophysical characteristics of the Earth crust, tectonics, mineral resources: monograph. Ukhta: Ukhta State Techn. Univ., 2010. 437 p.
 10. *Ivensen Yu. P.* Magmatism of the Timan and Kanin Peninsula. Moscow: Nauka, 1964. 123 p.
 11. *Kostyukhin M. N., Stepanenko V. I.* Baikalskii magmatizm Kaninsko-Timanskogo regiona [Baikal magmatism of the Kanin-Timan region]. Leningrad: Nauka, 1987. 232 p.
 12. *Lindsley D. H.* Pyroxene thermometry // *American Mineralogist*. 1983. Vol. 68. P. 477–493.
 13. The Origin and Evolution of Silica-saturated Alkalic Suites: an Experimental Study / *H. Nekvasil, A. Dondolini, J. Horn, J. Filiberto, H. Long, D. H. Lindsley* // *J. of Petrology*. 2004. Vol. 45. No. 4. P. 693–721. DOI: 10.1093/petrology/egg103
 14. *Patnis A., McConnell J.* Osnovnie cherty povedeniya mineralov [The main features of the behavior of minerals]. Translated from English. Moscow: Mir, 1983. 304 p.
 15. *Morimoto N., Fabries J., Ferguson A.K.* et al. Nomenclature of pyroxenes. *American Mineralogist*. 1988. Vol. 73. P.1123–1133.
 16. *Ramdor P.* Rudnie mineraly i ih srastanie [Ore minerals and their intergrowth]. Moscow: Foreign Literature Publ. House, 1962. 1132 p.

Статья поступила в редакцию 04.09.2020