

Петрологические особенности приконтактовых изменений интрузивного массива Первомайский (Горный Крым)

© 2021 С. М. Пилюгин, А. В. Никитин[✉]

*Воронежский государственный университет,
Университетская пл.1, 394018, Воронеж, Российская федерация*

Аннотация

Введение: Целью работы является физико-химическое изучение приконтактовых зон Первомайского интрузивного массива. Актуальность работы обусловлена отсутствием информации о вещественном строении и гидротермально-метасоматических преобразованиях в зонах контактов малых интрузий Горного Крыма с вмещающими породами. Проведенные исследования позволят уточнить модель формирования малых интрузий в долине р. Бодрак, и могут в дальнейшем использоваться для обеспечения учебного процесса практик студентов-геологов.

Методы исследования: Образцы пород представляют собой штуфы, отобранные из коренных выходов. Наиболее представительные образцы были изучены на микроуровне. Химический состав минералов был определен при помощи энергодисперсионного спектрометра “INCA-250” (ВГУ, лаборатория физико-химических методов исследования). Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 1.2 нА, время набора спектра 70 сек, диаметр пучка обычно равнялся 5 мкм.

Результаты и обсуждение: Массив сложен преимущественно измененными породами среднего состава близкими к микродиоритам и диорит-порфирирам. Главные породообразующие минералы – основной и средний плагиоклаз, роговая обманка, барийсодержащий микроклин; аксессуарные – титаномагнетит, циркон. Среди вторичных минералов отмечаются хлорит, кальцит, каолин и цеолиты по трещинам в плагиоклазе. На контактах с породами рамы выделяются маломощные (15–20 см) осветленные зоны катаклаза, выполненные кварц-карбонат-каолиновым веществом с хлоритом и редкими кристаллами пирита. Породы рамы в зоне экзоконтакта представлены уплотненными буровато-коричневыми аргиллитами, состоящими из каолинита и кальцита со сквозным распространением гломеробластовых скоплений альбита (адинол). Образование адинолов – альбитизированных пелитов на контакте с мафическими интрузивами, связано с натровым метасоматозом. Механизм натрового метасоматоза аргиллитов эскиординской серии может быть описан следующей реакцией: серицит + кварц = альбит. Нормально зональные кристаллы плагиоклаза в микродиоритах, а также гомогенные зерна титаномагнетита с умеренным содержанием TiO_2 = до 15 мас.%. свидетельствуют о высокой скорости подъема и кристаллизации магмы Первомайского интрузива.

Заключение: Внедрение Первомайского интрузивного массива не привело к масштабной метасоматической переработке аргиллитов рамы, а сформировало маломощные (15–30 см) зоны, подчеркнутые процессами адинолизации.

Ключевые слова: Горный Крым, Первомайский интрузив, адинолизация.

Для цитирования: Пилюгин С. М., Никитин А. В. Петрологические особенности приконтактовых изменений интрузивного массива Первомайский (Горный Крым) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология.* 2021. №2 С. 109–115.

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology.2021.2/3494>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Никитин Александр Васильевич, e-mail: nikav_1960@mail.ru

Введение

Магматическими образованиями Крыма занимались многочисленные исследователи. Большая часть работ посвящена вещественному составу [1], структурному положению [2, 3], абсолютному возрасту [4, 5] и геодинамике формирования [6]. В то же время остаются не изученными вопросы петрологического характера, в частности гидротермально-метасоматические преобразования в зоне контактов интрузий с вмещающими породами, что имеет большое значение для выяснения положения интрузивных образований и их рудоносности.

Данная статья посвящена вопросам петрологии приконтактовых зон Первомайского массива с породами рамы.

Методы исследования

Все образцы пород представляют собой штUFFы, которые были отобраны из коренных выходов и детально описаны при проведении полевых работ. Наиболее представительные образцы были изучены на микроуровне. Химический состав минералов был определен при помощи энергодисперсионного спектрометра "INCA-250" (ВГУ, лаборатория физико-химических методов исследования). Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 1.2 нА, время набора спектра 70 сек, диаметр пучка обычно равнялся 5 мкм. ZAF коррекция при расчете содержания окислов и оценка точности проводились с помощью комплекта программ математического обеспечения системы. Точность анализа систематически контролировалась по эталонным образцам природных и синтетических минералов.

Всего было исследовано 12 образцов, минералы из 6 образцов были проанализированы на микрозондовом анализаторе (в среднем было выполнено по 20 локальных определений для каждого образца). Кристаллохимические формулы полевых шпатов рассчитаны на 8 атомов кислорода.

Результаты и обсуждение

Первомайский массив расположен в 2.3 км к юго-востоку от с. Трудолюбовка Бахчисарайского района,

республики Крым. Он представляет собой овальное в плане тело, северо-восточного простирания длиной 250 м, шириной 140 м с видимой мощностью не менее 120 м (рис. 1). Вмещающей рамой массива являются аргиллиты эскиординской серии (J_1^2 - J_2^1 es). Интрузивные образования перекрываются с резким угловым несогласием органогенно-обломочными известняками готеривского яруса (K_1h). По геохронологическим данным [7] возраст интрузивного массива считается байоским (J_2b).

Массив сложен преимущественно измененными породами среднего состава близкими к микродиоритам и диорит-порфиритам [8]. Главные породообразующие минералы – основной и средний плагиоклаз, роговая обманка, барийсодержащий микроклин; аксессуарные – титаномагнетит ($TiO_2=10-15$ мас.%), циркон (рис. 2 а, b; табл. 1). Для пород характерны нормально зональные кристаллы плагиоклаза с вариацией состава битовнит-андезин (рис. 2а, b). Среди вторичных процессов минералообразования отмечаются многочисленные ретроградные структуры замещения роговой обманки хлоритом, кальцитизация, каолинизация, цеолитизация приуроченные к макро- и микротрещинам в плагиоклазе.

По результатам изучения магматических тел в верховьях р. Бодрак [10.] эндоконтактовые зоны имеют незначительную ширину (около 20 см). Породы в шлифах не отличаются по степени раскристаллизованности и измененности от пород центрального тела. В экзоконтактовой зоне отмечается только небольшое уплотнение и потемнение глинистых толщ на несколько сантиметров.

Проведенное нами детальное изучение эндоконтактов Первомайского массива с вмещающими его аргиллитами показало, что на контактах с породами рамы (рис. 3) выделяются маломощные (15–20 см) осветленные зоны катаклаза, выполненные кварц-карбонат-каолиновым веществом с хлоритом и редкими кристаллами пирита (рис. 2с, d). Особенностью этих зон является реликтовая унаследованная таблитчато-зернистая структура с крупными 0.5–0.2 мм выделениями, представляющими собой замещенные каолинитом и кальцитом кристаллы плагиоклаза, подчеркнутые по периферии железистым хлоритом (рис. 2с, d).



Рис. 1. Панорамный снимок Первомайского карьера. Красной трассировкой показана область исследования и отбора образцов.
[Fig. 1. Panoramic photograph of the Pervomaisky quarry. The red trace shows the area of investigation and sampling.]

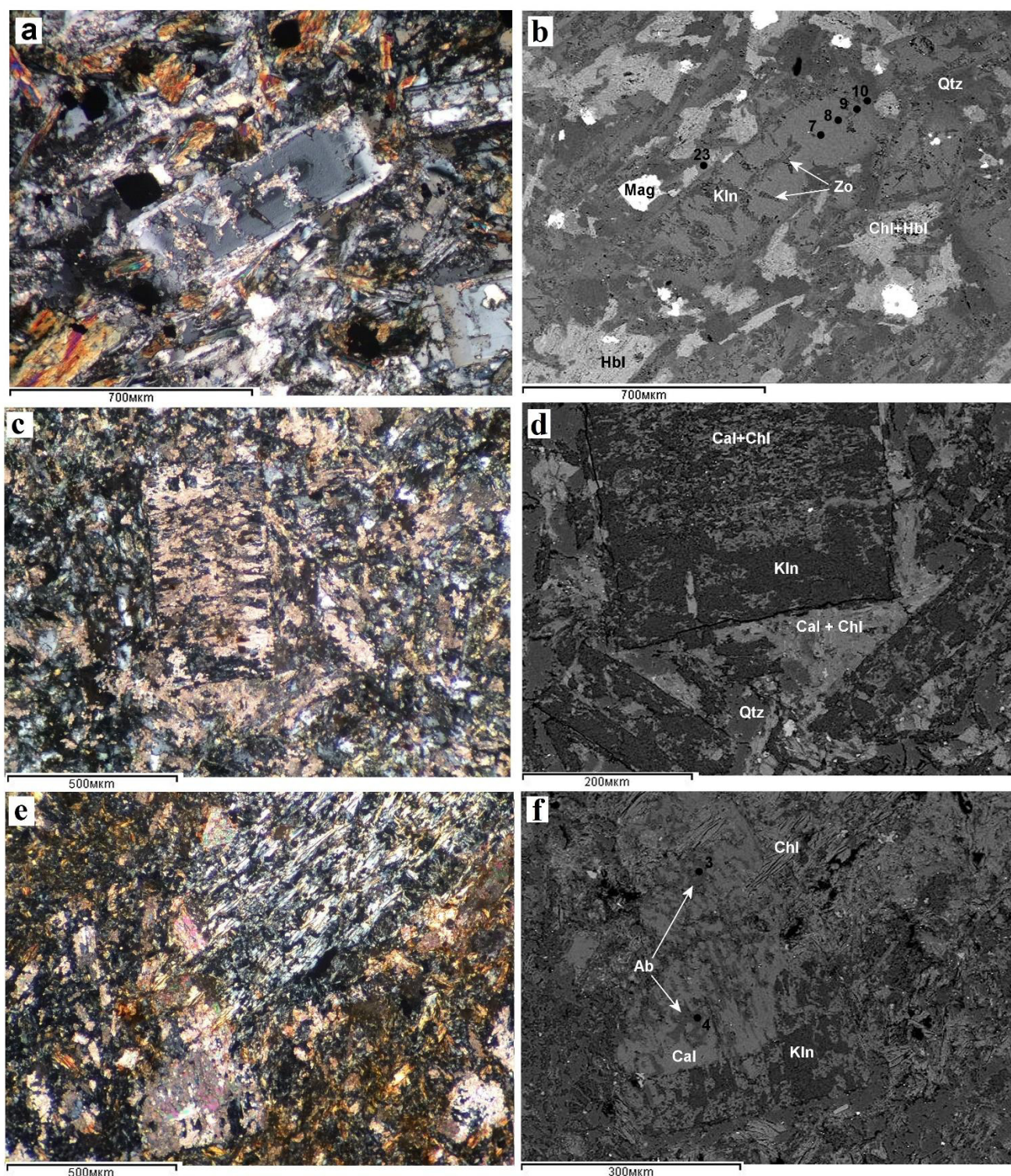


Рис. 2. Микрофотографии петрологических разновидностей пород Первомайского интрузива и пород рамы: *a* – крупный кристалл зонального плагиоклаза в кварц-хлорит-роговообманковом матриксе, *b* – тоже на электронно-микроскопическом снимке (точки соответствуют анализам, представленным в таблице №1, символы минералов по [9]), *c* – реликтовый кристалл плагиоклаза, замещенный каолинитом и кальцитом в кварц-хлорит-кальцитовом матриксе, *d* – тоже на электронно-микроскопическом снимке, *e* – каолинит-хлорит-карбонатное вещество рамы, *f* – тоже на электронно-микроскопическом снимке. Отчетливо видны субмикронные выделения альбита (точки анализов представлены в таблице 1).

[**Fig. 2.** Micrographs of petrological varieties of rocks in the Pervomaisky intrusion and host rocks: (*a*) a large crystal of zoned plagioclase in quartz-chlorite-hornblende matrix, (*b*) the same in the electron microscopic image (the points correspond to the analyses presented in Table 1, symbols of minerals are according to [9]), (*c*) relict plagioclase crystal replaced by kaolinite and calcite in a quartz-chlorite-calcite matrix, (*d*) the same in the electron microscopic image, (*e*) kaolinite-chlorite-carbonate substance in the host rocks, (*f*) the same in the electron microscopic image. Submicron albite precipitates are clearly visible (analysis points are presented in Table 1).]

Табл. 1. Химические составы полевых шпатов интрузивного массива Первомайский (Горный Крым)
[Table 1. Chemical compositions of feldspars in the Pervomaisky intrusion massif (Crimean Mountains)]

Минерал* [Mineral*]	Bt	Lb	Lb	An	Kfs	Ab	Ab
№ анализа [Analysis No.]	7	8	9	10	23	3	4
SiO ₂	48.31	54.62	54.93	60.23	64.18	66.86	65.37
TiO ₂				-			
Al ₂ O ₃	32.55	28.02	28.04	24.20	18.34	19.29	19.97
FeO	0.90	0.69	0.46	0.43	-	-	-
MnO				-			
MgO				-			
CaO	15.44	10.65	10.02	5.61	0.24	0.45	0.79
Na ₂ O	2.78	5.70	6.27	9.02	0.51	11.89	11.73
K ₂ O	-	0.21	0.23	0.5	16.12	0.19	0.14
BaO	-	-	-	-	0.62	-	-
Сумма	99.98	99.89	99.96	99.99	100.01	98.68	98.00
Si	2.21	2.46	2.46	2.66	2.98	2.95	2.90
Ti				-			
Al	1.75	1.49	1.48	1.26	1.00	1.00	1.04
Fe ^{II}	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
Mn				-			
Mg				-			
Ca	0.76	0.51	0.48	0.27	0.01	0.02	0.04
Na	0.25	0.50	0.54	0.77	0.05	1.02	1.01
K	0.00	0.01	0.01	0.03	0.96	0.01	0.01
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
X(Ca)	0.75	0.50	0.46	0.25	0.01	0.02	0.04
X(Na)	0.25	0.49	0.52	0.72	0.05	0.97	0.96
X(K)	0.00	0.01	0.01	0.03	0.94	0.01	0.01

Примечание: * использованы символы минералов: Bt – битовнит, Lb – лабрадор, An – андезин, Kfs – микроклин, Ab – альбит.

Note: * the following symbols of minerals are used: Bt - bitovnite, Lb - labrador, An - andesine, Kfs - microcline, Ab - albite

Породы рамы в зоне экзоконтакта представлены уплотненными буровато-коричневыми аргиллитами (рис. 3), состоящими из каолинита и кальцита. В породе фиксируются крупные (0.5–1 мм) кластические кристаллы хлорита (шамозит) и редкие (0.1 мм) зерна хлорсодержащего (1.5 вес.% Cl) апатита (рис. 2е, ф).

Детальные микроскопические исследования позволили установить в аргиллитах сквозное распространение гломеробластовых скоплений (до 50 мкм) альбита (рис. 2 а; табл.1). Объем таких выделений составляет примерно 10–12% от общего объема аргиллитов, что в свою очередь, свидетельствует о процессах адинолизации пород рамы. Образование адинолов – альбитизированных пелитов на контакте с мафическими интрузивами, связано с натровым метасоматозом [11, 12]. Источником натрия может выступать: а) разогретый гидротермальный раствор с летучими; б) морская вода в поровых связках пелитов. Вклад второго источника в общую метасоматическую систему, за редким исключением [13], оказывается незначителен, так как контролируется, главным образом, молярным объемом NaCl во флюиде поровых связок и режимом температур/давлений [14]. Состав флюида и его циркуляцию в гидротермальных системах отражает обобщенная модель Гиггенбаха [15, 16], в основе которой лежат ана-

литические данные по геотермам и флюидным включениям в минералах [17].

Согласно этой модели [15, 16] источником гидротерм выступают магматические расплавы в основании земной коры. При дегазации магмы выделяется большой объем водяного пара обогащенного CO₂, SO₂, H₂S. Подземные воды глубоких горизонтов, поглощая водяной пар, образуют высоко реактивные растворы, выщелачивающие вмещающие породы с выделением водных растворов хлоридов и сульфатов Na, K. Циркулирующий поток щелочных растворов формирует 3 зоны: 1) зона калиевого метасоматоза в центральных частях интрузий, связанная с восходящим потоком гидротерм (K); 2) зона окварцевания, карбонатизации и каолинизации Ca-Al силикатов в краевых частях интрузивов (H); 3) зона преимущественно натрового метасоматоза пород рамы, образованная нисходящим потоком гидротерм (Na-Ca-(Mg)) [15, 16].

Представленная выше модель находит отражение в петрологических особенностях изученных пород Первомайского интрузива. В микродиоритах, нами зафиксированы мелкие, новообразованные зерна барийсодержащего микроклина в ассоциации с крупными кристаллами зонального плагиоклаза (K-зона). В зонах кактаклаза (эндоконтакте) наблюдаются многочисленные



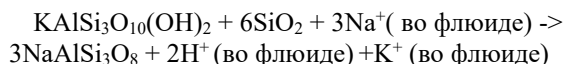
Рис. 3. Зона контакта микродиоритов (1) Первомайского интрузива с аргиллитами (3) эскиординской серии. Отчетливо видна зона катаклаза (2) на контакте центрального тела и пород рамы.

[**Fig. 3.** Contact zone of microdiorites (1) in the Pervomaisky intrusion with argillites (3) of Eskiorda series. The cataclasis zone (2) is clearly visible at the contact between the central body and the host rocks.]

структуры замещения плагиоклаза кальцитом и каолинитом, а также кристаллы кварца (Н-зона). И, наконец, в породах рамы (аргиллитах эскиординской серии) нами были впервые обнаружены мелкие гломеробластовые скопления альбита (Na–Ca–Mg) – зона).

Механизм натрового метасоматоза аргиллитов эскиординской серии может быть описан следующей реакцией:

серицит + кварц → альбит



Косвенным подтверждением реакции является отсутствие в породах рамы серицита – минерала, широко распространенного в аргиллитах и алевролитах эскиординской и таврической серий. Следует отметить, что для образования адинол необходим относительно высокий температурный градиент (250–350°C), в случае с нисходящим флюидным потоком, обеспечиваемый теплом Первомайского интрузива. О высокой скорости подъема и кристаллизации магмы Первомайского интрузива могут свидетельствовать сохранившиеся в микродиоритах нормально зональные кристаллы плагиоклаза, а также гомогенные зерна титаномагнетита с умеренным содержанием $\text{TiO}_2 = \text{до } 15 \text{ мас.}\%$.

Заключение

Таким образом, внедрение Первомайского интрузивного массива не привело к масштабной метасоматической переработке аргиллитов рамы а, сформировало маломощные (15–30 см) зоны, подчеркнутые процессами адинолизации.

Проведенные детальные петрологические исследования позволили впервые установить наличие процессов альбитизации (адинол) в аргиллитах рамы Первомайского интрузива.

Рудоносность приконтактовых зон магматических образований, приуроченных к отложениям эскиординской серии, является целью наших дальнейших исследований.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиридонов Э. М., Фёдоров Т. О., Ряховский В. М. Магматические образования горного Крыма // *Бюллетень МОИП. Отдел. геологич.* 1990. Т.65. Вып.4. С. 119–133.
2. Юдин В. В. Классификация меланжей. Труды Крымской Академии наук: Симферополь. 2014. С. 113–123.
3. Никишин А. М., Кортаев М. В., Болотов С. Н., Ершов А. В. Тектоническая история Черноморского бассейна // *Бюллетень МОИП. Отд. геологич.* 2001. Т.76. Вып.3. С. 3–18.
4. Морозова Е. Б., Сергеев С.А., Суфиев А. А. U-Pb цирконовый (SHRIMP) возраст Джидарской интрузии как реперного объекта для геологии Крыма (Крымский учебный полигон СПбГУ) // *Вестник Санкт-Петербургского университета.* 2012. Вып.7. №4. С.25–34.
5. Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма (стратиграфия, кайнозой, магматические, метаморфические и метасоматические образования): Учеб.пособие. Под ред. О. А. Мазаровича, В. С. Милеева. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1989. 160 с.
6. Милеев В. С., Барабошкин Е. Ю., Розанов С. Б., Рогов М. А. Киммерийская и альпийская тектоника Горного Крыма // *Бюллетень МОИП. Отд. геологич.* 2006. Т.81. Вып.3. С. 22–33.
7. Багдасарян Г. П., Лебединский В. И. Новые данные об абсолютном возрасте магматических пород Горного Крыма // *Докл. АН СССР.* 1967. Т.173. №1. С.149–152.
8. Федорчук А. В., Глухов А. М. Петрографические типы субвулканических тел долины р. Бодрак и их возраст // *Региональная геология некоторых районов СССР.* 1980. Вып. 4. С.39–45.
9. Kretz R. Symbols for rock-forming minerals // *Amer. Miner.* 1983. V.68. P. 277–279.
10. Латышев А. В., Панов Д. И. Юрские магматические тела Горнокрымской зоны в бассейне р.Бодрак (Юго-Западный Крым) // *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология.* 2008. № 2. С.26.
11. Agrell S.O. The adinoles of Dinas Head, Cornwall // *Mineral. Mag.* 1939. Vol. 25. P. 305–337.
12. Norman S. A., Raymond K.-S. Adinoles revisited: hydrothermal Na(Ca)-metasomatism of pelite screens adjacent to tholeiitic dykes in the Dublin terrane, Ireland // *Mineral. Mag.* 1995. Vol. 59. P. 367–382.
13. Floyd P. A., Exley C. S., Styles M. T. Igneous rocks of South-West England. First edition. London, Chapman and Hall, Geological Conservation Review Series, 1993. 256 p.
14. Rosenbauer R. J., Bischoff J. L. The laboratory albitization of mid-ocean ridge basalt // *J. Geol.* 1988. Vol. 96. P. 237–244.
15. Giggenbach W. F. Mass transfer in hydrothermal alteration - a conceptual approach // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1984. Vol. 48. P. 2693–2711.
16. Giggenbach W. F. Geothermal solute equilibria derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1988. Vol. 52. P. 2749–2765.
17. Holland H. D. Gangue minerals in hydrothermal ore deposits. Geochemistry of hydrothermal Ore Deposits. Editor in H. L. Barnes. New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1967. P.382–436.

Petrological features of near-contact changes in the Pervomaisky intrusion massif (Crimean Mountains)

© 2021 S. M. Piliugin, A. V. Nikitin✉

Voronezh State University,
1 Universitetskaya pl., Voronezh 394018, Russian Federation

Abstract

Introduction: The aim of the work is a physical and chemical study of the near-contact zones in the Pervomaisky intrusive massif. The research is relevant due to a lack of information about the compositional structure and hydrothermal-metasomatic transformations in the contact zones of minor intrusions in the Crimean Mountains with the host rocks. The performed studies will allow identifying the formation model of minor intrusions in the valley of the Bodrak river and can be used in the future to support the learning process in practical trainings for geology students.

Experimental: Rock samples included lumps of rock selected from bedrock exposures. The most representative samples were studied on the micro level. The chemical composition of the minerals was determined by an "INCA-250" energy dispersive spectrometer (VSU, Physicochemical Research Methods Laboratory). Analysis conditions: accelerating voltage was 20 kV, measuring current was 1.2 nA, spectrum collection time was 70 sec, the beam diameter was normally 5 µm.

Results and discussion: The massif is primarily composed of altered intermediate rocks close to microdiorites and diorite-porphyrites. The main rock-forming minerals include basic and intermediate plagioclase, hornblende, barium-containing microcline; the main accessory rocks are titanomagnetite and zircon. Among secondary minerals are chlorite, calcite, kaolin, and zeolites in plagioclase cracks. On the contacts with host rocks there are thin (15–20 cm), clear cataclasis zones made of quartz-carbonate-kaolin substance with chlorite and rare pyrite crystals. Host rocks in the area of exocontact are represented by pressed brownish agrillites consisting of kaolinite and calcite with throughout accumulations of glomeroblastic albite (adinole). The formation of adinoles, albitisation pelites at the contact with mafic intrusions is associated with sodium metasomatism. The mechanism of sodium metasomatism of agrillites of Eskiorda series can be described by the following reaction: sericite + quartz = albite. Normally, zoned plagioclase crystals in microdiorites and homogeneous titanomagnetite grains with a moderate content of $TiO_2 = 15$ wt.% indicate a high rate of magma rise and crystallisation in the Pervomaisky intrusion massif.

Conclusions: The intrusion of the Pervomaisky intrusion massif did not result in large-scale metasomatic changes in the host agrillites and led to the formation of thin (15–30 cm) zones accentuated by the adinolisation processes.

Keywords: Crimean Mountains, Pervomaisky intrusion massif, adinolisation.

For citation: Piliugin S. M., Nikitin A. V. Petrological features of near-contact changes in the Pervomaisky intrusion massif (Crimean Mountains). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2021, no. 2, pp. 109–115.

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology.2021.2/3494>

Conflict of interests: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Alexander V. Nikitin, e-mail: nikav_1960@mail.ru

REFERENCES

1. Spiridonov E. M., Fedorov T. O., Ryakhovskii V. M. Magmaticheskie obrazovaniya gornogo Kryma [Magmatic formations of mountainous Crimea]. *Byulleten' MOIP. Otdel. geologich. – Bulletin MOIP. The Department. Geological*. 1990, vol.65, no.4, pp. 119–133. (In Russ.)
2. Yudin V. V. Klassifikatsiya melanzhei [Classification of melange]. *Trudy Krymskoi Akademii nauk* [Proceedings of the Crimean Academy of Sciences:]. Simferopol', 2014, pp. 113–123. (In Russ.)
3. Nikishin A. M., Korotaev M. V., Bolotov S. N., Ershov A. V. Tektonicheskaya istoriya Chernomorskogo basseina [Tectonic history of the Black Sea basin]. *Byulleten' MOIP. Otdel. geologich. – Bulletin MOIP. The Department. Geological*, 2001, vol.76, no.3, pp. 3–18. (In Russ.)
4. Morozova E. B., Sergeev S. A., Sufiev A. A. U-Pb tsirkonovyy (SHRIMP) vozrast Dzhidairskoi intruzii kak reперного ob'ekta dlya geologii Kryma (Krymskii uchebnyi poligon SPbGU) [U-Pb zircon (SHRIMP) age of the Dzhidair intrusion as a reference object for the geology of Crimea (Crimean training ground of St. Petersburg State University)]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta – Bulletin of St. Petersburg University*, 2012, vol.7, no.4, pp.25–34. (In Russ.)
5. *Geologicheskoe stroenie Kachinskogo podnyatiya Gornogo Kryma (stratigrafiya, kainozoya, magmaticheskie, metamorficheskie i metasomaticheskie obrazovaniya): Ucheb.posobie*. Pod red. O. A. Mazarovicha, V. S. Mileeva. [Geological structure of the Kachinsky uplift of the Mountainous Crimea (stratigraphy, Cenozoic, magmatic, metamorphic and metasomatic formations): Textbook. Ed. O. A. Mazarovich, V. S. Mileeva]. Moscow, MSU publ., 1989, 160 p. (In Russ.)
6. Mileev V. S., Baraboshkin E. Yu., Rozanov S. B., Rogov M. A. Kimmeriiskaya i al'piiskaya tektonika Gornogo Kryma [Cimmerian and Alpine tectonics of the Mountainous Crimea]. *Byulleten' MOIP. Otdel. geologich. – Bulletin MOIP. The Department. Geological*, 2006, vol. 81, no. 3, pp. 22–33. (In Russ.)
7. Bagdasaryan G. P., Lebedinskii V. I. Novye dannye ob absolutnom vozraste magmaticheskikh porod Gornogo Kryma [New data on the absolute age of magmatic rocks of the Crimean Mountains]. *Dokl. AN SSSR – Dokl. Academy of Sciences of the USSR*, 1967, vol.173, no. 1, pp.149–152. (In Russ.)
8. Fedorchuk A. V., Glukhov A. M. Petrograficheskie tipy subvulkanicheskikh tel doliny r. Bodrak i ikh vozrast [Petrographic types of subvolcanic bodies of the river valley. Bodrak and their age]. *Regional'naya geologiya nekotorykh raionov SSSR – Regional geology of some regions of the USSR*, 1980, vol. 4, pp. 39–45. (In Russ.)

Пилугин Сергей Михайлович – к. г.-м.н., доцент кафедры полезных ископаемых и недропользования, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация; E-mail: geoscience@yandex.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4979-3713>

Никитин Александр Васильевич – к. г.-м.н., доцент кафедры общей геологии и геодинамики, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация; E-mail: nikav_1960@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2808-7887>

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Sergei M. Piliugin – PhD in Geol-Min., Associate Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation; E-mail: geoscience@yandex.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4979-3713>

Alexander V. Nikitin – PhD in Geol-Min., Associate Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation; E-mail: nikav_1960@mail.ru; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2808-7887>

All authors have read and approved the final manuscript.