

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
Овсянникова Георгия Николаевича на тему: «Геология, минералогия и
петрология островодужного базитового первомайско-аюдагского
интрузивного комплекса Горного Крыма» по специальностям**

1.6.3. Петрология, вулканология

**1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические
методы поисков полезных ископаемых**

1. Актуальность темы диссертации

Работа посвящена одному из наиболее интересных геологических объектов Горного Крыма, который на протяжении многих лет остается в центре внимания исследователей. Габброидные и гранитоидные интрузии среднеюрского возраста, прорывающие флишевую толщу таврической серии, играют важную роль в геологическом строении полуострова и несут информацию об эволюции островодужного магматизма в регионе. Их состав затушеван постмагматическими и метаморфическими изменениями, что затрудняет реконструкцию процессов петрогенеза на магматическом этапе геологической истории. Безусловно актуальной в этой связи является задача изучения сложной минералогии пород интрузивного комплекса и выявления главных закономерностей становления и эпигенетического преобразования интрузивных тел.

2. Научная новизна

Уточнена геологическая позиция штоков, даек и силлообразных интрузивов первомайско-аюдагского комплекса, внедрение которых соискатель связывает с тектоническим импульсом, приведшем к дополнительной деформации флиша в раннем байосе.

Получены новые данные о минеральном составе магматических пород. Охарактеризована эволюция состава породообразующих минералов (пироксенов, плагиоклазов). Выявлено закономерное изменение состава габброидов и гранитоидов, обусловленное кристаллизационной дифференциацией и соответствующее реакционным сериям минералов

Боуэна. Детально описаны сопряженные с этими сериями ассоциации акцессорных и рудных фаз (хромшпинелидов, титаномагнетита, ильменита, оксидов циркония, минералов группы чевкинита, минералов группы эпидота и др.).

По данным минеральной термобарометрии и физико-химического моделирования оценены Р-Т условия кристаллизации базитовых магм.

Получены новые данные о стадийности образования и эволюции минерального состава продуктов низкоградного метаморфизма интрузивных и жильных пород.

3. Степень обоснованности и достоверности защищаемых положений и научных выводов диссертации.

Диссертация объемом 204 стр. состоит из введения, пяти глав, итогов исследования, заключения и списка литературы.

В 1-й главе приведен содержательный литературный обзор истории изучения магматизма Горного Крыма, дающий исчерпывающее представление о работах предшественников.

Во 2-й главе охарактеризованы фактический материал и методы исследования. В основу работы положена представительная каменная коллекция (около 130 обр.), собранная соискателем в ходе полевых работ 2017–2021 гг. Анализ вещества выполнен с помощью современных методов в лабораториях МГУ и ИГЕМ РАН. Минеральный состав пород изучен в петрографических шлифах и аншлифах. Содержание петрогенных и редких компонентов в породах определено методом рентгено-флюоресцентного анализа (10 обр.). Для исследования состава минералов использованы данные, полученные с помощью электронного сканирующего микроскопа с энергодисперсионным спектрометром (~480 анализов). Достоверность аналитических данных обеспечена использованием стандартных образцов для калибровки данных измерений.

В 3-й главе кратко описано геологическое строение района исследований (по литературным данным).

В 4-й главе, наибольшей по объему, отражены результаты изучения соискателем интрузивных пород первомайско-аюдагского комплекса. В первых разделах главы приведены полевые описания геологического строения интрузий плагиоцерцолитов (Балаклава), преобладающих габбронорит-долеритов (Балаклава, шток Донузоран, силл Лебединского, Аю-Даг и др.), габбронорит-диоритов, кварцевых-диоритов и плагиогранитов (Аю-Даг, Кушнаревский-Первомайский интрузив и др.). В следующих разделах дана характеристика химического состава и подробно описаны минеральные ассоциации магматических пород; выявлены главные закономерности эволюции состава и типохимизма породообразующих, акцессорных и рудных минералов; с помощью программы Comagmat 5 для заданного интервала давлений (1 атм – 7 кбар) выполнено моделирование равновесной кристаллизации расплавов и тренда состава хромшпинелидов 2-й ассоциации. С помощью минеральных термобарометров (пироксенового, Putirka, 2008; амфиболового, Ridolfi, 2021; титаномagnetит-ильменитового, Lindsley, Anderson, 1983) оценены параметры минералообразования. Описаны субсолидусные превращения силикатов и оксидов. Изложенные минералого-петрографические данные являются оригинальными и с высокой степенью достоверности обосновывают первое и второе защищаемые положения.

В 5-й главе суммированы результаты исследований минеральных образований, возникших при региональном метаморфизме магматических пород. Эти данные положены в основу третьего защищаемого положения.

Две последние главы богато иллюстрированы фотографиями обнажений, петрографических шлифов и аншлифов, содержат аналитический материал в виде диаграмм и таблиц химических составов пород и минералов.

По теме работы опубликовано 6 статей в рецензируемых журналах, из них 5 – в журналах, рекомендованных для защиты в диссертационном совете

МГУ по специальности. Результаты диссертационного исследования неоднократно докладывались и обсуждались на конференциях.

4. Научные результаты, их ценность

На основании выполненных исследований соискатель наглядно продемонстрировал связь эволюции минерального состава серии основных интрузий с процессами кристаллизационной дифференциации родоначальных базитовых расплавов в промежуточных магматических очагах. Реакционным сериям в изученных породах, по мнению соискателя, соответствуют 7 минеральных ассоциаций.

Первая из них наблюдается, например, в плагиолерцолитах Балаклавы и включает вкрапленники кумулусного оливина I (нацело замещенного серпентином) с включениями хромшпинелидов. От центра к краям вкрапленников увеличивается хромистость хромшпинелидов, их состав меняется от хромгерцинита до алюмомагнезиохромита. Генезис этой ассоциации интерпретируется как глубинный и связывается с кристаллизацией ранней хромшпинели и оливина при давлении 9–10 кбар.

Вторая ассоциация характерна для оливиновых габбронорит-долеритов из разных интрузий; она включает оливин II (также замещенный серпентином) и анортит. С этой ассоциацией тесно связаны хромшпинелиды, состав которых изменяется от алюмохромита до хромтитаномagnetита.

Третья ассоциация включает битовнит (образующий отдельные кристаллы и каймы на анортите), авгит и бронзит, а также акцессорные армоколлит и апатит. Перечисленные минералы составляют большую часть объема изученных габброидных интрузий, что подчеркивает островодужный характер последних (это особенно касается обилия анортита и битовнита).

Четвертая ассоциация представлена лабрадором (образующим каймы вокруг анортита-лабрадора и отдельные зональные кристаллы), железистым авгитом, геденбергитом и гиперстеном, а также акцессориями, в число которых входят титаномagnetит I, ильменит I, минералы, содержащие цирконий (бадделеит, цирконолит) и лантаноиды [чевкинит-(Ce), перрьерит-

(Ce)]. Минералы этой ассоциации составляют существенную часть габброидных интрузивов (содержание магнетита может достигать 7 об. %).

Согласно результатам физико-химического моделирования, рассмотренные габброидные ассоциации кристаллизовались последовательно из расплава, отвечающего по составу оливиновому габбронориту в гипабиссальных условиях при давлении ~1.5 кбар.

На более поздних стадиях эволюции магматической системы возникли гранитоидные ассоциации. Пятая ассоциация (андезин, биотит, кварц, амфиболы, титаномagnetит II, ильменит II, а также редкоземельные минералы группы эпидота, замещающие чевкинит и перрьерит), встречается в кварцевых габбронорит-диоритах и кварцевых диоритах, входящих в состав ряда габброидных интрузий. Шестая (олигоклаз, кварц, аннит, титаномagnetит III, фторapatит, циркон I, минералы группы эпидота) и седьмая ассоциации (альбит-олигоклаз, кварц, в том числе в составе кварц-плагиоклазовых гранофировых сростаний, аннит, циркон II, торит) распространены ограниченно и наблюдаются преимущественно в составе Первомайского интрузива, где более широко представлены габбро-диориты, кварцевые диориты и плагиограниты.

Широкое развитие в пятой и шестой ассоциациях алланита-(Ce) и более поздних алланита-(Y), редкоземельного и иттрий-содержащего эпидота, замещающих чевкинит-(Ce) и перрьерит-(Ce) четвертой ассоциации, может служить критерием отличия островодужных плагиогранитов от средне-позднеюрских после-островодужных гранитоидных пород.

В позднеюрском периоде интрузии первомайско-аюдагского комплекса подверглись низкоградному метаморфизму, который протекал в три стадии (1 – цеолитовую, 2 – пренит-пумпеллиитовую, 3 – цеолитовую) в условиях погружения и последующего воздымания территории. В ходе метаморфизма габброидные породы испытали интенсивную карбонатизацию и пиритизацию, преимущественное развитие получили минеральные ассоциации 2-й стадии с пумпеллиитом, пренитом, актинолитом (часто в

виде псевдоморфоз по ломониту и анальциму 1-й стадии), хлоритом, альбитом, стильномеланом, псевдобрукитом и псевдорутилом (в виде псевдоморфоз по армолколиту, титаномagnetиту и ильмениту), а также 3-й стадии с разнообразными цеолитами (наиболее распространенным ломонитом, а также гейландитом, натролитом, филлипситом и т.д.), прожилками серпентина с оторочками талька, никельсодержащими сульфидами (в составе агрегатных псевдоморфоз по оливину), палыгорскитом.

5. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Научные результаты и выводы диссертации будут способствовать развитию теории кристаллизационной дифференциации магматических расплавов. Они уточняют и развивают существующие представления о геологическом строении, минералогии, петрографии и условиях образования интрузий первомайско-аюдагского комплекса и служат дополнительным обоснованием его островодужного генезиса.

Каменный материал, собранный соискателем, пополнил коллекцию музея Крымского учебно-научного центра МГУ. Фактические данные, содержащиеся в диссертационной работе, и сделанные теоретические обобщения использованы для совершенствования учебного курса «Генетическая минералогия» и методики проведения учебной геологической практики.

6. Замечания и вопросы

При знакомстве с диссертационной работой у оппонента возник ряд вопросов и замечаний в основном методического характера.

1. Общее замечание: для многих таблиц с данными химических анализов минералов не указаны методы расчета кристаллохимических формул. Эти методы можно «расшифровать» при детальном знакомстве с таблицами, но лучше бы такие указания присутствовали, как это принято в современных работах по минералогии.

2. Не во всех случаях выполнен пересчет анализов на кристаллохимические формулы. Пример – табл. 4.5.1.1 – 4.5.1.4. Здесь данные по составу хромшпинелидов пересчитаны только на миналы. С одной стороны такой расчет неоднозначен (например, «лидером» может быть не магнезиохромит, как указано в таблицах, но хромит), а с другой стороны формулы с распределением элементов по позициям для таких сложных соединений в минералогической работе очень желательны. Сделанное замечание касается и таблиц с анализами титаномagnetита (например, табл. 4.5.4.2 или 5.2.3) и ильменита (табл. 4.5.4.3, 4.5.5.4).

3. Для некоторых минералов химические анализы вовсе отсутствуют. Речь, в частности, идет о моноклинных и ромбических пироксенах, состав которых в работе обсуждается только со ссылкой на треугольную диаграмму En–Fs–Wo и диаграмму Al_2O_3 – Mg# (рис. 4.5.9.6). Отсутствие таких анализов (и сопутствующих термобарометрических расчетов), сказывается в частности, на достоверности утверждения, что «кристаллизация ранней хромшпинели началась при $P \sim 9$ –10 кбар, судя по пироксеновому геобарометру (Putirka, 2008)» (с. 126). При отсутствии анализов пироксенов, приходится верить автору на слово.

4. Для других минералов, кроме таблиц с химическими анализами, было бы желательно использовать классификационные диаграммы. Например, в случае амфиболов (табл. 4.4.5.2), для обоснования выделения минеральных видов – таблицы (Leak et al., 1997).

5. В таблице 4.5.5.3 с анализами биотита указано: «числа атомов в формуле в расчете на 10 атомов кислорода». Должно быть «на 11 атомов кислорода».

Высказанные замечания касаются формы представления аналитических данных; к самим расчетам претензий нет, они выполнены правильно и без ошибок.

Другие замечания.

6. Для хлоритов было бы хорошо привести таблицу (Heu, 1954) с точками анализов, а не только ссылаться на нее. Полезны были бы и более современные диаграммы для иллюстрации химизма этой сложной группы минералов. Хлоритовая термометрия в настоящее время – один из наиболее хорошо разработанных и эффективных инструментов количественной оценки температуры низкоградного метаморфизма (см. работы: De Caritat et al., 1993; Cathelineau, 1988; Vidal et al., 2001, 2005; Inoue et al., 2009; Bourdelle et al., 2013; Lanary et al., 2014, и др.). Соискатель не использовал этот инструмент, ограничившись качественными утверждениями об условиях кристаллизации хлоритов (стр. 146, 158).

7. Во втором защищаемом положении говорится о том, что «в послеинтрузивных гидротермальных метасоматитах редкоземельные минералы группы эпидота замещены монацитом и ксенотимом». Однако, в диссертации нет текстовых описаний или микрофотографий, которые бы иллюстрировали это замещение (как, например, проиллюстрировано замещение чевкинита-(Ce) и перрьерита-(Ce) алланитом). Утверждается лишь, что «метасоматиты ... содержат заметное количество новообразованных монацита и ксенотима». Поэтому данное утверждение нельзя считать доказанным.

8. В диссертации детально описаны выделения цеолитов в низкоградных метасоматитах 3-й стадии, но, к сожалению, отсутствуют данные по диагностическим свойствам и химическому составу этих минералов.

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, которая написана достаточно хорошим литературным языком и читается с интересом, что свидетельствует о высокой научной квалификации автора. Диссертация Г.Н. Овсянникова является законченным исследованием и отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальностям 1.6.3. Петрология, вулканология, 1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций

на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Овсянников Георгий Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальностям 1.6.3. Петрология, вулканология, 1.6.4 Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук,
заведующий кафедрой минералогии, кристаллографии и петрографии
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II»

Гульбин Юрий Леонидович

29.04.2026

Контактные данные: тел.: [REDACTED], e-mail: [REDACTED]

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация: 25.00.05 – Минералогия, кристаллография

Адрес места работы:

199106, г. Санкт-Петербург, 21 линия, д. 2 Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-
Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра
минералогии, кристаллографии и петрографии, тел.: (812) 3 288 247; e-mail:
mcp@spmi.ru

Подпись сот
Ю.Л. Гульби

Начальник управления
делопроизводства и
для документооборота
Е.Р. Яковлева

29.04.2026