

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ, МИНЕРАЛОГИИ И РУДООБРАЗОВАНИЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ СОВЕТ Д.016.17.01

На правах рукописи
УДК 552.3:[234.86 + 262.5]

ШНЮКОВА ЕКАТЕРИНА ЕВГЕНЬЕВНА

**ЭВОЛЮЦИЯ МАГМАТИЗМА ГОРНОГО КРЫМА
И КРЫМСКОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА**

Специальность 04.00.08-петрография, вулканология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

КИЕВ - 1994

Работа выполнена в Институте геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины.

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук И. Б. Щербаков

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук В. Г. Молякко (Киевский госуниверситет), доктор геолого-минералогических наук Ю.П. Орязовецкий (Институт геофизики НАН Украины)

Ведущая организация: Государственное геологическое предприятие «Крымгеология» (г. Симферополь).

Защита состоится «23» ноября 1994 г. в 10 часов на заседании специализированного совета Д.016.17.01 в Институте геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины по адресу: 252680, Киев-142, проспект Палладина, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины.

Автореферат разослан «17» октября 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
доктор геол.- мин. наук



В. П. Семененко

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00777093 (X)

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Многолетние исследования, проводившиеся многими известными учеными, позволили накопить обширный петрографический материал о магматических породах Горного Крыма. Однако, детальные геолого-геофизические работы последних лет существенно расширили представления о магматизме этого региона, а появление новых методик на основе современного оборудования дало возможность получения петрологической информации, пригодной для генетической интерпретации. К настоящему времени ощущается недостаток данных для петрохимической и геохимической классификации магматитов Горного Крыма, слабо изучена петрологическая информативность породообразующих и акцессорных минералов, а магматические породы Крымского континентального склона до сих пор вообще систематически не изучались. Попытка восполнить наметившийся пробел и предпринята в настоящей работе.

Цель работы. Выявить петрохимические, геохимические и минералогические особенности, определить формационную принадлежность и условия образования магматических пород Горного Крыма и Крымского континентального склона с целью воссоздания истории развития магматизма северной периферии Черноморской впадины.

Задачи работы. I. Изучить петрографический состав магматических пород трех разновозрастных групп, находящихся в различных геологических обстановках: докембрийских гранитов из гальки конгломератов, мезозойских вулканических пород континентального склона и малых интрузий Горного Крыма.

2. Уточнить возраст и этапы формирования докембрийских пород.

3. Установить петрохимическую и геохимическую специфику мезозойских магматических пород и расчленить их на серии.

4. Выяснить условия образования серий пород на основании изучения породообразующих и акцессорных минералов мезозойских и, частично, докембрийских пород.

Научная новизна работы. Впервые для Горного Крыма и прилегающего континентального склона показана неоднородность магматических пород по условиям образования и проведено их расчленение на серии на основании петрохимической, геохимической и термобарометрической информации. На Крымском континентальном склоне выделен самостоятельный палеовулканический центр. Породообразующие минералы магматических пород Горного Крыма и континентального склона

впервые изучены с точки зрения их петрологической информативности на основе критериев и характеристик, широко используемых в других регионах. Выделены ассоциации акцессорных минералов и впервые установлены геохимические особенности главнейших из них. Впервые в Украине обнаружен и изучен минерал периклаз.

Защищаемые положения. I. В истории развития магматизма исследованных зон северной периферии Черноморской впадины выделяется два крупных этапа: докембрийский (добайкальский) и мезозойский (альпийский). Альпийский этап, в свою очередь, включает две стадии: ранне- и позднегеосинклинальную, выявляемые по вещественному составу относимых к ним тел.

2. Каждой стадии альпийского этапа соответствует несколько серий магматических пород, различающихся по условиям формирования, геохимическим и минералогическим особенностям.

3. Продукты магматизма докембрийского этапа развивались на континентальной коре, впоследствии базифицированной. Дальнейшая ее эволюция прослеживается в вещественном составе магматических продуктов альпийского этапа: раннегеосинклинальная стадия открывается магматическими образованиями, сформировавшимися на коре, близкой к океанической, а на протяжении всего альпийского этапа проявляется тенденция к ее постепенному наращению с появлением черт магматизма, присущих континентальной коре.

Практическое значение работы. Результаты исследований использованы при выполнении глубинного геодинамического картирования Крыма, проводящегося в настоящее время в ГПН «Крымгеология» (подтверждено актом о внедрении), а также при оценке формационной принадлежности магматических пород при морских геологических работах.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на Школе молодых ученых и специалистов по петрологии (Алушта, 1986 г.), Республиканской конференции молодых ученых (Киев, 1987 г.), научно-технических советах 37 и 44 рейсов НИС "Академик Вернадский". (1988, 1992 гг.) и 51 рейса НИС "Михаил Ломоносов" (1989 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 статей и 4 препринта.

Фактический материал и методика исследований. В основу выполненного исследования положены материалы, полученные автором в процессе обучения в аспирантуре и при работе в отделе магматических

и вулканических процессов ИГМР АН Украины. Коллекция каменного материала была отобрана автором при выполнении полевых работ 1986 - 1987 гг. и во время участия в 37 и 44 рейсах НИС "Академик Вернадский" (1988, 1992 гг.) и 51 рейсе НИС "Михаил Ломоносов" (1989 г.).

Автором было изучено более 300 шлифов, 80 аншлифов, обработано 137 химических анализов, 100 рентген-флуоресцентных, 15 нейтронно-активационных анализов, 23 определения абсолютного возраста пород. Выполнен минералогический анализ 90 протолочных проб, изучены люминесцентные свойства и ЭПР-характеристики 67 монофракций светлых породообразующих минералов, обработано 180 рентгеноспектральных зондовых анализов темноцветных породообразующих и некоторых акцессорных и рудных минералов, 690 рентген-флуоресцентных анализов акцессорных минералов. Исследования выполнялись в лабораториях ИГМР НАН Украины, ИГН НАН Украины, ЦТЭ Мингео Украины, ЦНИГРИ (Москва).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения, изложена на 150 страницах машинописного текста, содержит 73 рисунка, 32 таблицы и список литературы из 139 наименований.

В сборе и обработке каменного материала, помимо автора, принимали участие сотрудники отдела магматических и вулканических процессов ИГМР НАН Украины И.Б.Щербаков, З.В.Слипченко, И.М.Скопиченко, сотрудники ОМГОР НАН Украины Ю.В.Соболевский, В.А.Кутний, Э.Г.Захаров и другие. Активное содействие при проведении морских геологических работ оказали экипажи НИС "Академик Вернадский" и "Михаил Ломоносов". Автор выражает искреннюю олагодарность акад. Е.Ф.Шнякову, к.г.-м.н. Ю.В.Соболевскому, к.г.-м.н. В.В.Слипченко, к.х.н. С.А.Козаку, к.г.-м.н. А.А.Пасынкову, к.г.-м.н. Т.А.Рокачук, к.г.-м.н. Н.К.Крамаренко, к.г.-м.н. С.Е.Шнякову, к.г.-м.н. А.В.Андрееву за научные консультации и советы. В проведении ряда исследований и оформлении работы большую помощь оказали В.А.Кутний, В.Н.Минева, И.А.Францева, Е.А.Белоусова, А.А.Шумский, А.А.Лариков, Я.Л.Томурко, Л.В.Фастовец, И.Д.Авраменко.

Особую признательность автор выражает научному руководителю д.г.-м.н. И.Б.Щербакову за постоянную поддержку и направляющие указания.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Развитие представлений о магматизме и тектонике Горного Крыма и прилегающего континентального склона

В Горном Крыму геологические исследования проводились на протяжении многих лет. В трудах В.И. Лучицкого (30-е годы), В.Н. Павлинова (40-е годы), С.М. Кравченко (50-е годы), И.В. Муратова, В.И. Лебединского, А.И. Шалимова, Н.Н. Макарова, Т.С. Лебедева, Ю.П. Оровецкого, Т.И. Добровольской (60-е годы) были заложены основы представлений о петрографии и структурном положении крымских магматических пород. На 70-е годы приходится большинство геофизических исследований, обобщенных в работах В.Б. Соллогуба и А.В. Чекунова. Было показано, что для формирования центральной части Крыма наибольшую роль играл сквозной глубинный разлом, поперечный к структурам Крыма - Салгирско-Октябрьский, или Криворожско-Самсунский разлом байкальского времени заложения. В зоне влияния этого разлома прослежены две поверхности Мохо, что связано с наложением двух систем геосинклиналей: субмеридиональной, связанной с раннепротерозойской горной областью, и широтной - альпийской. Зона разлома делит Горный Крым на два блока (Соллогуб, 1977): западный блок с мощной (50-58 км) земной корой и восточный - с более тонкой (44-46 км). К югу от Крыма, в море, картина несколько иная: толщина земной коры сокращается вдоль континентального склона в западном направлении, к центру впадины не превышая 20 км с выклиниванием "гранитного" слоя (Земная кора и история развития Черноморской впадины, 1975).

На этих геофизических данных с учетом более поздних базируется предложенная в 80-х годах крымскими геологами А.И. Коваленко и А.А. Пасынковым схема геолого-тектонического районирования Горного Крыма, согласно которой основными структурными элементами являются тектоно-магматические блоки, характеризующиеся наличием четырех кольцевых палеовулканических центров: Восточно-Крымского, Средне-Крымского, Северо-Крымского и Западно-Крымского. В пределах западного и восточного центров развиты эффузивные породы так называемой карадагской свиты. Средне-Крымский центр, в отличие от других, характеризуется исключительно интрузивными образованиями гипабиссальной фации (комплекс малых интрузий) и, как было установлено нами, продолжается в акваторию Черного моря, где обнару-

жены выходы магматических тел, аналогичных наземным.

Древнейший гранитный магматизм северной периферии Черноморской впадины (по данным изучения гранитных галек из конгломератов Горного Крыма)

В Крыму, в отличие от других альпийских геосинклинальных областей юга Европы, коренные выходы древних (докембрийских) гранитов неизвестны. Они постоянно встречаются в виде галек в верхнеюрских конгломератах, протягивающихся полосой от гор Чатыр-Даг и Демерджи до мыса Кик-Атлама. В разрезах горы Демерджи и мыса Меганом содержание гранитных галек максимально. Петрографически это микроклинсодержащие граниты, почти лишенные темноцветных минералов и в разной степени катеклазированные. В соответствии с петрохимическими параметрами, граниты галек относятся к семействам лейкогранитов, субщелочных лейкогранитов, субщелочных и низщелочных гранитов калиево-натриевой серии. Относительно источников поступления докембрийских гранитных галек в конгломераты до сих пор не существует единого мнения; большинство исследователей полагает, что они возникли за счет размыва Черноморского Срединного массива, существовавшего на месте экватории Черного моря южнее современного Крыма и выходившего на поверхность в поздней яре (Добровольская, 1965).

Проведенным калий-аргоновым датированием были получены возрастные значения для этих гранитоидов в пределах 975 - 1500 млн. лет при преобладании значений около 1100 млн. лет. Однако, повсеместное наличие в гранитоидах признаков воздействия интенсивного динамометаморфизма (в частности, катеклаза и милонитизации) свидетельствует о нарушении калий-аргоновой системы, поэтому полученные значения возраста следует считать искаженными относительно времени образования гранитоидов в сторону занижения. Изученные гранитоиды, вероятно, сформировались не позже раннего рифея и испытали воздействие наложенных процессов после начала позднего рифея.

Для получения более достоверной информации о возрасте и этапах формирования гранитоидов был исследован аксессуарный цитрон. Для двух наиболее распространенных типов пород - плагиоклаз-микроклинового катеклазированного гранита и гранит-аплита (калий-аргоновые возраста для них получены соответственно 990 и 1115 млн. лет)

были выделены гетерогенные популяции циркона, при изучении которых установлены геохимические, морфологические и фотолюминесцентные особенности генераций и их возраст (методом общего свинца). Отметим, что информативность морфологических и люминесцентных признаков проявилась лишь после систематизации на основе выделенных геохимических групп. На основании соотношения концентраций Hf и Y установлена многоэтапность формирования гранитоидов: собственно магматическому этапу соответствуют цирконы генераций I и 2 (оценки возрастов для них - 900 - 1000 млн. лет и 1400 млн. лет соответственно), а второму, "метаморфическому", выраженному в динометаморфизме и развитии наложенных процессов минералообразования (грейзенизация для плагиоклаз-микроклинового гранита и диафторез для гранит-аплита) - генерация 3 с пиками соответственно 300 и 500 млн. лет. Количественное преобладание последней генерации над первыми двумя свидетельствует об определяющей роли "метаморфического" этапа в формировании изученных популяций циркона. Калий-аргоновое датирование, естественно, не выявило следов столь молодых событий.

Отметим, что указанные наложенные процессы отразились на люминесцентных свойствах калиевого полевого шпата из этих пород: общие относительно невысокие значения $J_{ртд}$ и интенсивности излучения Al -центров. В грейзенизированных гранитах отсутствует примесный ион Fe^{3+} ; эти же граниты обособляются по ЭПР-характеристикам кварца.

Таким образом, в кристаллическом субстрате севарной периферии Черноморской впадины принимали участие блоки досреднерифейского сооружения, которое в байкальскую эпоху было раздроблено, а позже интенсивно преобразовано наложенными процессами.

Раннегеосинклинальная базальт-плагиориодитовая ассоциация (подводный палеовулканический центр западной части Крымского континентального склона)

Во время 51-го рейса НИС "Михаил Ломоносов" при драгировании Крымского континентального склона в 45 км. к юго-западу от Севастополя были подняты магматические породы, представленные базальтами и их туфами, андезитобазальтами, андезитами и их туфами, дацитами и плагиориодитами. Сравнительное изучение петрографии и петрохимии указанных пород привело к выделению среди них двух

обособленных серий: высоко- и низкоглиноземистой. Первая включает плагиоклазовые андезитобазальты, андезиты, дациты и плагиориолиты, а вторая охватывает пироксеновые вулканиты от базальтов до дацитов.

Общая особенность драгированных пород - чрезвычайно низкое содержание K_2O во всех разновидностях. На диаграмме Т.Х.Пирса основные породы двух серий четко разделяются: низкоглиноземистая серия попадает в поле океанических базальтов, а высокоглиноземистая - в поле островодужных. От андезитов островных дуг соответствующие породы низкоглиноземистой серии отличаются на порядок более низкими содержаниями РЗЭ. На диаграмме АФМ, если высокоглиноземистая серия и близка к гиперстенным базальтам по Х.Куно, то низкоглиноземистая вообще аналогов не имеет. По сравнению с высокоглиноземистой, низкоглиноземистая серия отличается также высокой кальциевостью (CaO - 4-12%) и магниальностью (MgO - 6-10%), повышенными концентрациями хрома (200-500 г/т) и пониженными - иттрия. С помощью геотермометрии однозначно устанавливается более высокотемпературный характер высокоглиноземистой серии сравнительно с низкоглиноземистой: согласно пироксеновому термометру Д.Линдсли (1983), температуры кристаллизации высокоглиноземистых вулканитов составляют 1105-1180⁰С, а низкоглиноземистых - 850-1080⁰С.

При сопоставлении пород известных крымских палеовулканических центров с изученными вулканитами были определены их две наиболее важные отличительные черты: незначительное участие в составе драгированной толщи пирокластов, преобладающих в других центрах, и полное отсутствие пород калиевого ряда. Эти и другие отличия позволяют считать изученные породы продуктами самостоятельного подводного палеовулканического центра, названного "Ломоносовским". При этом против отнесения драгированных базальтов и андезитобазальтов к спилит-кератофировой формации свидетельствуют низкие содержания TiO_2 и особенно - характер распределения РЗЭ в этих породах.

На основании проведенных исследований, с учетом данных геотермометрии, можно предположить, что породы высокоглиноземистой серии являются преимущественно дайковыми, кристаллизовавшимися в надводных условиях при высоких температурах и низких давлениях, в то время как низкоглиноземистые породы представляют собой вне-

щающую дайки толщу и являются подводными образованиями достаточно больших глыбин, образовавшимися при относительно низких температурах.

В целом драгированные породы рассматриваются как раннегеосинклинальная ассоциация, сформировавшаяся на симатической коре. Изученные раннегеосинклинальные образования, по сравнению с позднереосинклинальными, имеют ряд специфических особенностей:

- 1) крайне высокая натриевость как основных, так и кислых пород,
- 2) низкие содержания Rb при переменном Str ,
- 3) относительно низкая железистость клинопироксена при отсутствии ортопироксена и роговой обманки,
- 4) низкие содержания $R3E$.

Позднегеосинклинальный комплекс малых интрузий центральной части Горного Крыма

В центральной части Горного Крыма от мыса Ай-Даг до района г.Алушты находится несколько интрузивных массивов, расположенных в виде цепочки гор меридионального простирания и относящихся к комплексу малых интрузий. Эти куполовидные тела представляют собой раздутые верхние части вертикальных даек, сформировавшихся в близповерхностных условиях (Кравченко, 1958). Становление комплекса началось на границе нижней и средней юры и продолжалось до конца средней юры. Вмещающая флишевая таврическая серия, по отношению к которой магматические тела резко несогласны, имеет верхнетриасовый-нижнеюрский возраст.

Породы комплекса малых интрузий представляют собой габбро-плагиогранитные серии вулкано-интрузивной группы (Ферштатер, 1987). Входящие в комплекс серии, как правило, не выходят за рамки пород нормальной щелочности и обладают контрастностью, проявленной в отсутствии интрузивных пород в области содержаний SiO_2 от 57 до 65%. По петро- и геохимическим особенностям в составе комплекса малых интрузий выделяются две "эталонные" полнодифференцированные серии - Сераус и Капель, и несколько дополнительных неполных серий:

1) Натриевая-калиево-натриевая серия Капель включает породы от диабазов и лейкодиабазов через андезиты до кварцевых трахит-порфиров, плагиогранит-порфиров и кварцевых плагиогранит-порфиров и обладает чертами типичной океанической габброидной серии: низкие

(менее 16%) содержания Al_2O_3 , четко проявленный феннеровский тренд на диаграмме AFM. Серия характеризуется плавным повышением содержания щелочей, Rb, Y, плавным снижением содержания Sr и значительным повышением содержания Zr в процессе дифференциации.

2) Калиево-натриевая серия сераус имеет бимодальный состав (диабазы - плагиогранит-порфиры, кварцевые плагиогранит-порфиры) и несет некоторые черты известково-щелочных серий: повышенное (17-20%) содержание Al_2O_3 для основных пород, отсутствие феннеровского тренда на диаграмме AFM. Серии присуще скачкообразное повышение содержаний K_2O , Rb, Zr на начальных этапах дифференциации с субгоризонтальными трендами к ее концу, общее повышение содержаний Na_2O и Y, снижение содержания Sr.

Различие "эталонных" серий особенно подчеркивается в базитовой части. Диабазы серии Сераус являются, вероятно, первыми по времени образования базитами комплекса, ближе всех отражающими состав глубинного магматического очага. От диабазов Кастели они отличаются более высокой кальциевостью ($CaO - 9-II\%$), крайне низкими уровнями распределения P33, несколько более высокими калиевостью и содержаниями Rb и Sr, низкими содержаниями Y и Zr, относительно высокими содержаниями элементов группы железа.

3) Калиево-натриевые серии Шарха и Ай-Иора состоят из тоналит-порфиров и плагиогранит-порфиров, обладают как известково-щелочными, так и толеитовыми чертами, отличаются несколько повышенной натриево-стью и узким интервалом глиноземистости. В серии Шарха, согласно калий-аргоновому датированию, проявлены наиболее ранние (185 млн. лет) кислые дифференциаты комплекса.

4) Калиево-натриевые серии Урага и Чамны-Бурун включают исключительно основные породы (диабазы, реже габбро-диабазы и габбро-нориты). Диабазы массивов Урага и Чамны-Бурун являются, вероятно, самыми поздними базитами комплекса.

5) Натриевая серия Чунгур-Кая представлена лейкодиабазами и пироксеновыми андезитами и обладает противоречивыми чертами: при проявленном феннеровском тренде содержание Al_2O_3 повышено.

Согласно мнению большинства исследователей, все магматические породы комплекса малых интрузий являются дифференциатами единой основной магмы. Уточнение типа исходной магмы было конечной целью петрохимических и геохимических исследований. На предложенной Л.С.Бородиным (1987) диаграмме $(Na+K)/Ca - A_0$ точка схождения пучка трендов, обозначенная координатами $A_0 = 0,5$, $(Na+K)/Ca$

= 0,4, для комплекса малых интрузий Горного Крыма имеет другие координаты (0,7 и 0,3 соответственно) - такие координаты приведены А.С.Бородиним лишь для базальтовой серии Японских островов (на этой диаграмме хорошо также видно обособление серии Чунгур-Кая). Смещение точки схождения пучка в известковое поле говорит о явно толеитовом низкокальциевом составе родоначальной магмы, относимой к океаническим и островодужным базальтам (согласно диаграмме Т.Х.Пирса). Таким образом, все серии пород малых интрузий начались как толеитовые, а при дальнейшей дифференциации либо сохраняли эту специфику, как все породы серии Кастанель, либо, по мере наращивания континентальной коры, приобретали черты известково-целочных серии, как породы серий Сераус, Ай-Кора и Шарха. На диаграмме $Rb-Sr$, приводимой Г.Б.Ферштатером (1987) в качестве классификационной, почти все породы Кастанели попадают в поле пород - производных толеитовой океанической магмы, а породы Серауса - в поле пород - производных толеитовой островодужной магмы (классификация проводится по основным породам).

Изучение пороодообразующих минералов из пород малых интрузий выявило неоднородность комплекса по условиям образования различных серий. Серия Чунгур-Кая, включавшаяся ранее в комплекс и считавшаяся одновозрастной с петрографически близкими породами основных массивов, по ряду признаков тяготеет к раннегеосинклинальным образованиям. Высокая натриевость пород, низкие содержания Rb при относительно высоких - Sr , отсутствие ортопироксена и роговой обманки, низкая железистость клинопироксена и его высокотемпературный характер резко выделяют эти породы на фоне позднегеосинклинальных магматитов и позволяют считать их одновозрастными с более ранними породами подводного палеовулканического центра.

На диаграмме ZrP -характеристик кварца серия Чунгур-Кая также резко обособлена от малых интрузий, отличаясь более высокотемпературным характером кварца и относительно малой активностью воды в расплаве (высокие значения концентраций $Al-Me$ центров и низкие - $Al-N$ центров). ZrP -характеристики кварца выявляют также контрастность условий образования основных и кислых пород Серауса и постепенность изменения условий формирования всей серии Кастанель; подтверждают порядок образования кислых и основных дифференциатов различных серий. Отмечено, что разделение пород серий на диаграмме ZrP -характеристик кварца аналогично таковому на диаграмме $Rb-Sr$ для этих пород.

Изучение люминесцентных свойств плагиоклаза подчеркнуло различие "эталонных" серий в области кислых дифференциатов. В серии Сераус плагиоклаз по составу кислый и средний, характеризуется низкими значениями $J_{ртл}$ и появлением в спектрах РЛ полосы 620 нм; в серии Капель плагиоклаз - средний и основной и, напротив, имеет высокие значения $J_{ртл}$. Температуры образования плагиоклазов, согласно породному геотермометру В.А.Кутюлина и А.А.Прусевича (1985), составляют 1218-1245°C.

Наиболее значимая петрологическая информация получена при изучении темноцветных минералов из пород малых интрузий. В кислых породах массивов Шарха, Сераус и Ай-Йора постоянно присутствуют низкожелезистый оливин ($f = 27-33$), роговая обманка и клинопироксен средней железистости (диопсид - геденбергит с $f = 17-46$, редко авгит) и гиперстен (редко эвлит). Согласно геотермометру Д.Линдсли (1983), клинопироксены в этих породах характеризуются наличием низкотемпературной группы (600-800°C) и максимальными значениями температур 800-970°C, а для гиперстенов рассчитаны температуры 900-1100°C. Парагенные двупироксеновые пары редки, для них по геотермометру В.И.Фонарева (1982) получены температуры 850-1050°C (в серии Шарха отмечены низкотемпературные двупироксеновые ассоциации). В основных породах массива Сераус температуры образования клинопироксенов (авгит, диопсид-авгит) составляют 870-960°C.

В кислых породах массива Капель характерны высокожелезистые ассоциации темноцветных минералов (фаллит+эвлит+высокожелезистая роговая обманка) при редкости клинопироксена. Во всех кислых породах оливины образовывались при температурах 1058-1101°C (Кутюлин, Прусевич, 1985), то есть после плагиоклаза. Согласно ортопироксен-оливин-кварцевому геотермометру В.И.Фонарева (1987), кислые породы серии Капель формировались при меньших давлениях (2-4 кбар), чем таковые серий Сераус и Шарха (5-7 кбар). В основных породах массива Капель оценки температур образования клинопироксенов (авгит, диопсид-авгит) по методу Д.Линдсли составляют 950-1000°C, то есть несколько выше, чем для основных пород Серауса. Таким образом, в основных породах вместо ассоциации оливин+ортопироксен образовывался авгит.

Роговая обманка преобладает в кислых породах; рассчитанное по методу Д.Холлстера (1987) давление в целом согласуется с результатами расчетов по ортопироксен-оливин-кварцевому геобарометру: для массивов Сераус, Шарха и Ай-Йора значения выше (до

7 кбар), чем для массива Кагель (4 кбар).

Данные термобарометрии были использованы для расчленения типов серий пород по Г.Б.Ферштатеру, что позволило дополнить традиционное петрохимическое деление серий на известково-щелочные и толеитовые, удобное лишь в базитовой области.

Типичная ассоциация акцессорных минералов в породах малых интрузий следующая: гранат - апатит - циркон - анатаз - брукит - периклаз. Детально были изучены апатит, циркон и периклаз. Редкий минерал периклаз был обнаружен как в кислых, так и в основных породах массивов Кагель, Шарха и Чамны-Бурун в составе полиминеральных агрегатов. Сосуществующие с периклазом фазы были диагностированы как мелилит, шпинель (рентгеноспектральный микроанализ) и, предположительно, мервинит и форстерит (атомно-эмиссионный фазовый спектральный анализ). Выявление наличия и соотношения трех главных фаз производилось по набору и содержаниям характерных для каждой фазы элементов-примесей. Установлено, что наиболее типичен двухфазный состав минеральных агрегатов: периклаз+мелилит. Присутствие таких агрегатов в гипабиссальных интрузиях Горного Крыма свидетельствует о контакте на глубине безводной магмы с карбонатными породами в условиях высоких температур и умеренного давления.

В комплексе малых интрузий близкие по петрографическим признакам породы содержат разный по геохимическим характеристикам циркон и апатит. Составы цирконов и апатитов из каждого массива занимают строго определенные, иногда не перекрывающиеся поля на диаграммах $Hf-Y$ для циркона и $Sr-Y$ для апатита (Шнюков, 1989) независимо от их кристалломорфологического или фотолюминесцентного типа. Примесный состав этих акцессорных минералов, в первую очередь концентрация Y , отражает степень дифференцированности и, косвенно, время становления массивов. Так, наиболее ранние кислые дифференциаты комплекса - массив Шарха - содержат аномально низкоиттриевые циркон и апатит (последний и высокостронциевый), характерные для основных пород. Напротив, самые поздние основные породы комплекса из массивов Урага и Чамны-Бурун содержат аномально высокоиттриевые апатит и, особенно, циркон (в последнем отмечены также высокие концентрации Th и U), что характерно для кислых пород. Таким образом, накопление Y в конечных продуктах дифференциации, установленное геохимически для пород полно-

дифференцированных серий, для неполных серий наблюдается лишь на уровне акцессорных минералов. Вероятно, диабазы Ураги и Чамны-Бурун являются наиболее дифференцированными породами по сравнению с габбро, развитыми в этих же массивах при отсутствии кислых дифференциатов, а кислые породы шархи слабодифференцированы при отсутствии основных пород в этом массиве.

Основные этапы магматизма северной периферии Черноморской впадины

История развития крымского сегмента представляет собой несколько периодически сменяющихся этапов по схеме геосинклиналь - ороген - платформа - регенерация и повторение развития на более высоком уровне. В каждый из этапов был в различной степени проявлен магматизм; наиболее достоверные данные относятся к докембрискому и, особенно, альпийскому этапам.

Древнейшая раннепротерозойская геосинклиналь имела субмеридиональное простирание (Соллогуб, 1977) и была заложена на мощной континентальной коре, которая в дальнейшем подверглась оазификации (Тектоника Северного Причерноморья, 1988). Согласно геофизическим данным, протерозойские структуры фиксируются полосой интенсивных магнитных максимумов южнее Алушты, где в них "впаяны" блоки Черноморского платформенного срединного массива (Плахотный, 1988). Одним из блоков является поднятие Андрусова, положение которого соответствует Алуштинскому гравитационному минимуму и которое в позднеюрское время было выведено на поверхность и подвергалось денудации. В его состав входили досреднерифейские граниты, которые в байкальскую эпоху были раздроблены и катаклазированы. В более позднее время граниты претерпели диафторез и греизенизацию, связанные, судя по их возрасту, соответственно с каледонским и герцинским циклами, которые, однако, были выражены в регионе слабо и, по-видимому, не сформировали самостоятельных магматических тел.

Положение байкальской геосинклинали устанавливается сугубо по геофизическим данным. Она простиралась с юго-запада на северо-восток и пересекала нынешний Горный Крым в его юго-западной части, где магматизм, предположительно, имел эвгеосинклинальный характер (Плахотный, 1988).

Наиболее полно представлен в строении современного Крыма альпийский геотектонический этап. Альпийская геосинклиналь, заложившаяся уже на симатической коре, имела субширотное простирание. В ее внутренней зоне (эвгеосинклинали) в Равнинном Крыму была проявлена позднепалеозойская? - триасовая офиолитовая ассоциация (Спиридонов и др., 1990). В миегеосинклинали, каковую составляют Горный Крым и прилегающий континентальный склон Черного моря, к наиболее ранним проявлениям магматизма относятся породы подводного палеовулканического центра, выявленного в западной части Крымского континентального склона. При этом наиболее ранние вулканы представлены низкоглиноземистой серией, отнесенной к ранней базальт-андезитовой формации (Эволюция магматизма в истории Земли, 1987), за которой следует высокоглиноземистая серия, включающая раннегеосинклинальные плагиориолиты. Судя по литературным данным, аналогичные породы в наземной части Крыма отсутствуют.

Указанные выше особенности строения земной коры Крымского сегмента привели к проявлению раннегеосинклинальной базальт-андезитовой формации именно в западной части континентального склона, где кора ближе всего к океанической. Низкоглиноземистая серия этой формации обладает рядом черт океанических базальтов. Раннегеосинклинальные плагиориолиты, входящие в высокоглиноземистую серию, являются наиболее ранними кислыми магматитами энсиматических зон и составляют первое "гранитное" звено в цепи превращений океанической коры в континентальную в ходе геосинклинальных процессов (Эволюция магматизма..., 1987). Низкокальциевый состав этих пород отражает специфику расплава, а не является результатом наложенных процессов. Низкоглиноземистые вулканы представляют собой выплавку на границе кора - мантия, а высокоглиноземистые - выплавку с большим участием корового материала.

К началу позднегеосинклинальной стадии относится проявление базальт-риолитовой (спиклит-кератофировой) формации, в состав которой включают большинство наземных вулкаников Крыма, в том числе карадагскую свиту. Согласно литературным данным, для нее характерны заметно более кальциевые известково-щелочные и субщелочные породы вплоть до появления кальциевых риолитов.

Геосинклинальная стадия в Крымском сегменте завершается формированием в центральной части Горного Крыма комплекса малых интрузий, относящегося к позднегеосинклинальной габбро-плагиогранитной формации энсиматических зон (Эволюция магматизма ..., 1987).

Комплекс локализован в Средне-Крымском палеовулканическом центре и неоднороден по составу и условиям образования. Комплекс включает две различные полнодифференцированные серии - Сераус и Кабель, обладающие, соответственно, известково-щелочными и толеитовыми чертами. Согласно Г.Б. Ферштатеру (1987), такое деление в первом приближении согласуется с предложенным им разделением на барофильные и барофобные серии. С учетом данных термобарометрии, это позволило расчленить другие серии комплекса, имеющие в своем составе только основные либо только кислые продукты.

Барофильные серии (Сераус, Ай-Йора и Шарха) характеризуются преобладанием кислых пород. Более высокое давление барофильных серий способствует повышенной водонасыщенности магмы, что обуславливает раннюю кристаллизацию плагиоклаза, присутствие роговой обманки и высокоглиноземистый характер основных пород. В кислых породах постоянно присутствуют низкожелезистый оливин, гиперстен и относительно низкотемпературный клинопироксен средней железистости.

Барофобные серии (Кабель, Урага, Чамны-Бурун) характеризуются преобладанием основных пород, в том числе плутонических габброидов. Для них устанавливается более высокотемпературный низкожелезистый клинопироксен, эпизодичность появления роговой обманки, низкая глиноземистость. В кислых породах характерны высокожелезистые ассоциации темноцветных минералов (кроме редко встречающегося клинопироксена).

Магматические породы орогенной стадии в Горном Крыму достоверно не установлены; известны лишь пирокласты альбского возраста на юго-западной оконечности Крыма. Есть основания полагать, что последние находки гранодиоритов на континентальном склоне к юго-западу от Крыма, датированные по калий-аргоновому методу мелом и еще детально не изученные, и представляют собой это недостающее звено в истории развития альпийского магматизма Крыма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные при изучении трех разновозрастных объектов результаты позволили с современных позиций, учитывающих общие закономерности проявления магматизма складчатых областей, охарактеризовать важнейшие этапы эволюции магматизма конкретного региона - Горного Крыма и Крымского континентального склона.

1) Для древнейших гранитоидов из гальки конгломератов установлена многоэтапность развития питающего источника сноса. Уточнен верхний возрастной предел образования гранитоидов (средний рифей). На основании геохимических особенностей и возраста генераций акцессорного циркона выявлены и датированы события, ответственные за формирование геохимических черт циркона и отразившиеся на характеристиках калиевого полевого шпата и кварца (диафорез, грейзенизация).

2) Установлена принадлежность к раннегеосинклинальной ба-вальт-плагиориолитовой ассоциации вулканических пород континентального склона и обосновано их отнесение к самостоятельному палеовулканическому центру. Среди них выделены две обособленные серии пород (ниско- и высокоглиноземистая) и, с учетом данных пироксеновой термобарометрии, высказано предположение о разных условиях их формирования (подводных и надводных соответственно). Установлены геохимические, петрохимические и минералогические особенности раннегеосинклинальных магматических пород по сравнению с позднегеосинклинальными.

3) Для позднегеосинклинального комплекса малых интрузий Горного Крыма проведено расчленение входящих в него серий пород на барофильные и барофонные с использованием термобарометрической информации по составам пироксенов, оливинов и амфиолов. Для каждого типа серий установлены петрохимические и геохимические особенности и связанные с ними различия в наборе и составе породообразующих и акцессорных минералов. Высказано мнение о низкокальциевом толеитовом составе родоначальной магмы для всех серий. При изучении геохимии цирконов и апатитов получена информация о степени дифференцированности отдельных массивов комплекса.

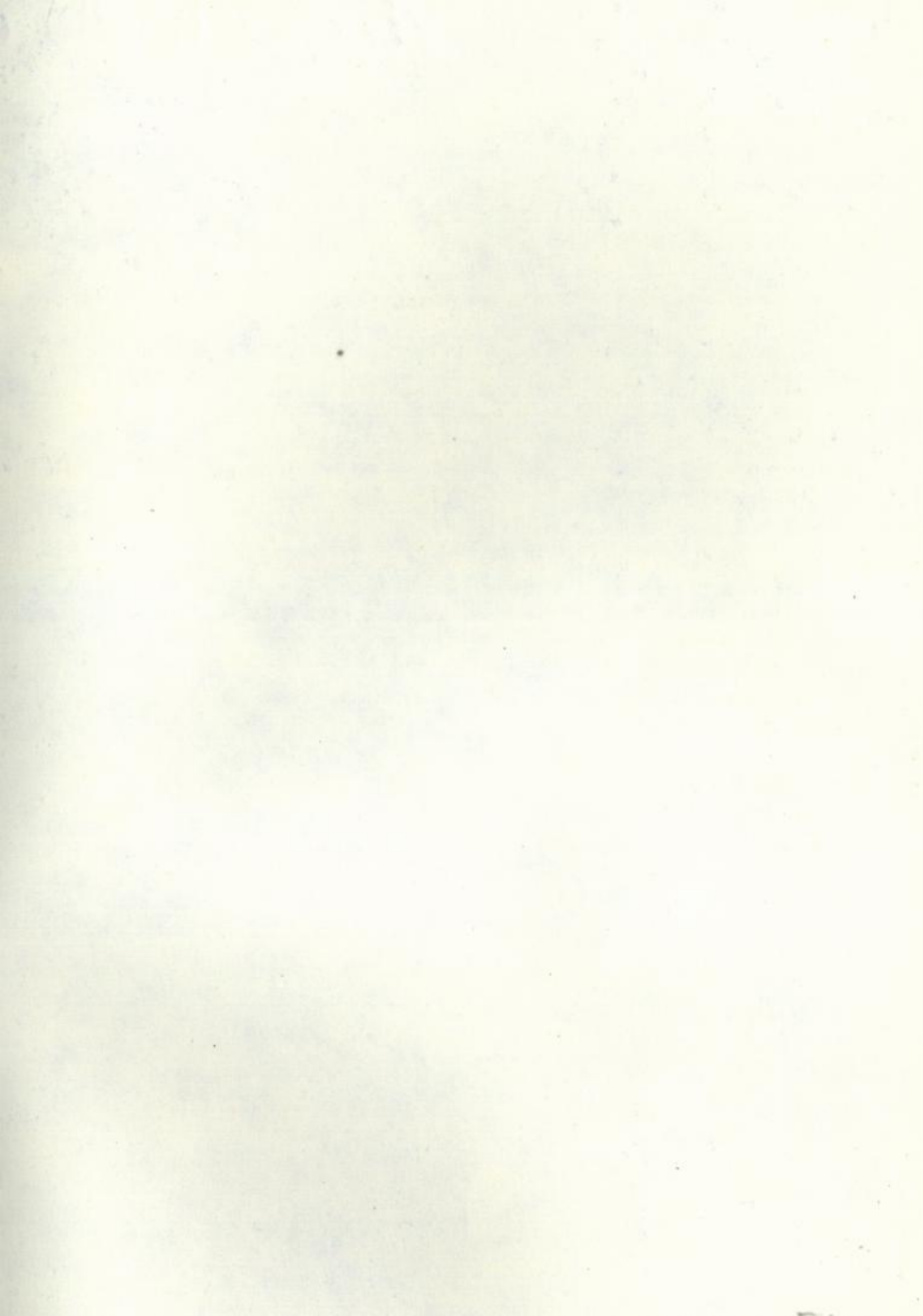
В работе предпринята попытка наполнить петрологическим содержанием давнюю дискуссию о природе земной коры северной окраины Черноморской впадины, структурно расположенной в зоне сочленения океан-континент. Геофизические и тектонические аргументы привлекались в пользу двух главных гипотез: о первичной океанической коре, продолжающей наращиваться (В.Г. Бондарчук), и о вторичной океанической коре, возникшей за счет континентальной (А.В. Чекунов). Петрологические данные не позволяют ограничить все отмеченные особенности магматизма рамками какого-либо одного восходящего или нисходящего процесса, а скорее указывают на возвратно-поступательный характер тектонического развития региона. Действительно,

в течение альпийского геотектонического этапа происходит наращивание океанической коры, однако сама эта кора к началу альпийского этапа, вероятно, была вторичной.

Проведенные исследования позволяют в дальнейшем, привлекая другие объекты на суше и континентальном склоне Крыма, расширить представления о магматизме региона на петрологическом уровне, тем самым более аргументированно обосновав сделанные выводы. Установленные петрохимические, геохимические и минералогические закономерности, прослеженные для пород различных этапов развития магматизма, дают возможность проводить формационное расчленение вновь обнаруженных на континентальном склоне магматических пород при морских геологических исследованиях, когда отсутствуют данные об условиях их залегания.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Фойко А.К., Вишняк И.М., Мельникова Л.В., Шнюкова Е.Е. Выявление участия добайкальских образований в "гранитном" основании северной периферии Черноморской впадины (по данным калий-аргонового датирования гранитоидных галек Горного Крыма) // Геол. журн. - 1989. - № 1. - С.55-65.
2. Пяткова Д.М., Иноземцев Ю.И., Оровецкий Ю.Ю., Шнюкова Е.Е., Пасынков А.А. Мезозойские отложения Крымского континентального склона Черного моря (Результаты 37 рейса НИС "Академик Вернадский"). - К., 1989. - 40 с. (Препр./АН УССР. Ин-т геологич. наук; 89-15).
3. Оровецкий Ю.Ю., Шнюкова Е.Е. Структурное положение мезозойских пород в строении Алуштинского участка Крымского континентального склона // Докл. АН УССР. Сер.Б. - 1990. - № 9. - С.12-15.
4. Результаты геологических исследований 51 рейса в Черное море НИС "Михаил Ломоносов" / Кол-в авторов. - К., 1990. - 48 с. (Препр. АН УССР. Ин-т геологич. наук; 90-8).
5. Стратиграфические, литолого-петрографические и гидрогеохимические исследования 51 рейса в Черное море НИС "Михаил Ломоносов" / Кол-в авторов. - К., 1990. - 52 с. (Препр. АН УССР. Ин-т геологич. наук; 90-9).
6. Шнюкова Е.Е., Шнюков В.Ф., Щербakov И.Б., Слипченко В.В., Скопиченко И.М. и др. Подводный палеовулканический центр западной части Крымского континентального склона // Геол. журн. - 1992. - № 1. - С.3-14.
7. Шнюкова Е.Е., Козак С.А. Периклаз из Горного Крыма // Минерал. журн. - 1992. - 14, № 1. - С.83-89.
8. Геологические исследования 44 рейса НИС "Академик Вернадский" в Черное море / Кол-в авторов. - К., 1993. - 76 с. (Препр. АН Украины. Отдел. морск. геологии и осадочн. рудообразования ЦНМ; 93-1).
9. Андреев А.В., Шнюкова Е.Е., Шнюков С.В., Чебуркин А.А. и др. Геохимические особенности и возраст гетерогенных популяций аксессуарного циркона из гранитов гальки юрских конгломератов Горного Крыма // Геол. журн. - 1993. - № 6. - С.128-135.



AB 31.057