

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Նավասարդյան Գևորգ Խաչատուրի

ԳԵՂԱՄԱ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ՈՒՇ ԿՈԼԻԶԻՈՆ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ
ԱՌԱՋԱՅՈՒՄՆԵՐԻ ՊԵՏՐՈՆԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ի.Դ. 00.04-«Ապարագիտություն, հրաբխագիտություն, լիթոլոգիա» մասնագիտությամբ
երկրաբանական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման
ատենախոսության

ՍԵՂԱՍԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ-2007

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Навасардян Геворг Хачатурович

ПЕТРО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЗДНЕКОЛЛИЗИОННЫХ
ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ГЕГАМСКОГО НАГОРЬЯ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических наук
по специальности 24.00.04-Петрография, вулканология, литология

ЕРЕВАН-2007

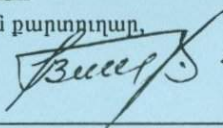
Ատենախոսության քեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ
Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, երկրաբ.- հանր. գիտ. դոկտոր
Ռուբեն Տիգրանի Ջրբաշյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, երկրաբ.- հանր. գիտ. դոկտոր
Սերգեյ Վաղարշակի Գրիգորյան
երկրաբ. գիտ. քեկնածու
Խաչատուր Բորիսի Մելիքսեթյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի Պետական Համալսարան

Պաշտպանությունը տեղի կունենա 2007 թ. հունիսի 12-ին, ժամը 13⁰⁰,
ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի 054
Մասնագիտական խորհրդի նիստում:
Հասցեն՝ 0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24ա:
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքվել է 2007 թ. մայիսի 10-ին:
054 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
երկրաբ.- հանր. գիտ. քեկնածու



Հ.Վ. Շախինյան

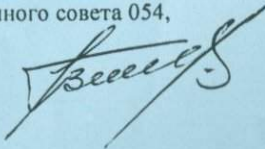
Тема диссертации утверждена в Институте геологических наук НАН РА.

Научный руководитель՝ академик НАН РА, доктор геол.- мин. наук
Рубен Тигранович Джрбашян

Официальные оппоненты՝ академик НАН РА, доктор геол.- мин. наук
Сергей Вагаршакович Григорян
кандидат геол. наук
Хачатур Борисович Меликсетян

Ведущая организация՝ Ереванский Государственный Университет

Защита состоится 12 июня 2007 г., в 13⁰⁰ часов, на заседании
Специализированного совета 054 Института геологических наук НАН РА.
Адрес: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а.
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.
Автореферат разослан 10 мая 2007 г.
Ученый секретарь Специализированного совета 054,
кандидат геол.- мин. наук



Г.В. Шагинян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований.

В ряду позднеколлизионных вулканических областей Армении Гегамское нагорье представляет собой интересный объект интенсивного ареального вулканизма моногенного типа. Геологическое строение Гегамского вулканического нагорья было в центре внимания многих исследователей (Ф. Ю. Левинсон-Лесинг, Б. К. Куплетски, Е. Е. Милановский, К. Н. Паффенгольц, К. И. Карапетян, К. Г. Ширинян, С. Г. Карапетян, Э. Х. Харазян и др.). В работах этих исследователей были выявлены основные черты геологической структуры, закономерности размещения и классификации вулканов, особенности вулканических извержений и составов продуктов вулканизма.

В настоящей работе, на основе новых аналитических данных обсуждаются петрохимические, геохимические и минералогические характеристики вулканических серий Гегамского нагорья. Результаты этих исследований положены в основу выявления закономерностей генезиса и эволюции вулканических серий и способствуют созданию более целостной картины особенностей позднеколлизионного вулканизма. Одновременно, проведенный анализ позволяет обсуждать некоторые петрогенетические аспекты формирования вулканических серий и их связи с геодинамической обстановкой.

Цели и задачи исследований.

Основной целью данной работы является создание петрогенетической и геодинамической модели эволюции позднеколлизионного вулканизма на основе интерпретации современных петрохимических, геохимических и минералогических данных. Для реализации этой цели решались следующие задачи:

1. Выполнена петрографическая и петрохимическая классификация вулканических серий от нижнего плиоцена до верхнего неоплейстоцена-голоцена включительно.
2. Проведено возрастное расчленение и группировка вулканических серий и комплексов согласно новой принятой геохронологической шкале плиоцен-голоцена.
3. Уточненные петрографические данные и сведения по классификации петрохимических серий были использованы для дополнения «Схематической геолого-петрографической карты вулканических образований Гегамского нагорья», М 1:100000, составленной С.Г. Карапетяном и К.И. Карапетяном.
4. Впервые, основываясь на данных современных высокоточных аналитических исследований, проведена геохимическая типизация вулканических серий и сопоставление геохимических характеристик вулканических серий Гегамского нагорья с одновозрастными региональными вулканическими образованиями смежных вулканических областей Армении и Восточной Анатолии.

5. На основе новых данных по составу породообразующих минералов: оливина, клинопироксена, ортопироксена, амфибола и плагиоклаза, выделены парагенетические ассоциации минералов для каждой серии и проведены оценки физико-химических условий кристаллизации магм.

6. Впервые, на основе анализа петрогеохимических и минералогических данных обсуждаются некоторые петрогенетические и геодинамические модели формирования вулканизма Гегамского нагорья.

Фактический материал.

В основе диссертационной работы лежит обобщение полевых и лабораторных исследований автора в период с 2003 по 2007 гг. В работе использованы также многочисленные литературные данные по вещественному составу вулканических серий Гегамского нагорья (Куплетский, 1929; С. Карапетян, 1972; К. Карапетян, 1973, 1985; Харазян, 1975), других вулканических областей Армении (Гукасян и др., в печати, Ширинян и др., 2005) и сопредельных территорий (Pearce et al., 1990; Keskin et al., 1998). Работы проводились в рамках совместного Армяно-Американского проекта. Новый аналитический материал использованный в работе выполнен с применением современных высокоточных методов масс-спектрометрии индуктивно связанной плазмы, ICP-MS, (39 анализов), рентгенофлуоресцентного анализа, XRF, (67 анализов) и микронзондовых определений минералов-вкрапленников (более 360 анализов).

Методами ICP-MS были определены концентрации Ba, Th, Nb, Y, Hf, Ta, U, Pb, Rb, Cs, Sr, Sc, Zr и REE элементов (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Td, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). Состав петрогенных элементов и элементов группы железа (V, Cr, Ni, Co) был выявлен при помощи XRF, а составы породообразующих минералов (оливина, ортопироксена, клинопироксена, плагиоклаза, амфибола) были определены при помощи микронзондового анализа. Методическое руководство в выполнении и интерпретации аналитических данных осуществлялось научным сотрудником Смитсонского института доктором И. Савовым.

В работе также использованы результаты более 50-и новых силикатных анализов пород на главные элементы, выполненных в ИГН НАН РА.

Научная новизна работы.

- В диссертационной работе, впервые, на основе интерпретации новых аналитических данных, дается характеристика позднеколлизионного вулканизма, проведена минералого-петрографическая и петрогеохимическая типизация вулканических серий, обсуждаются геодинамические и петрогенетические аспекты формирования вулканических образований.
- Показано, что разновозрастные вулканические серии принадлежат субщелочному типу и обнаруживают известково-щелочной химизм. По отношениям K_2O/Na_2O вул-

канические породы отвечают кали-натриевому и калиевому типам, группируясь в различные возрастные и петрохимические серии.

- «Схематическая геолого-петрографическая карта вулканических образований Гегамского нагорья», М 1:100000, составленная С.Г. Карапетяном и К.И. Карапетяном была уточнена и дополнена новыми петрографическими и петрохимическими данными.
- Впервые проведена геохимическая типизация вулканических образований Гегамского нагорья и сопоставление их геохимических особенностей с вулканизмом Арагацкого массива и Восточной Анатолии, что позволило отнести вулканические серии Гегамского нагорья к промежуточным между субдукционными и внутриплитными вулканическими сериями.
- Анализ характера распределения редких элементов позволяет высказать предположение о едином магмагенерирующем источнике для разновозрастных вулканических серий Гегамского нагорья.
- Изучение химизма породообразующих, и в частности, характера сосуществующих минералов позволили используя их как геотермобарометры установить РТ параметры их кристаллизации и выявить прямую зависимость температуры кристаллизации от магнезиальности минералов.
- На основе результатов геохимических и минералогических исследований обсуждены петрогенетические и геодинамические модели эволюции вулканизма Гегамского нагорья.

Основные защищаемые положения.

1. Петрографические и петрохимические особенности вулканических образований Гегамского нагорья отражают их принадлежность к четырем субщелочным петрохимическим сериям в следующей возрастной последовательности: трахиандезит-трахитовая (нижний-верхний плиоцен); базальт-трахибазальтовая (долеритовая, верхний плиоцен); риолит-трахидацитовая (нижний плиоцен, II фаза; верхний эоплейстоцен, III фаза) и трахибазальт-трахиандезитовая (неоплейстоцен-голоцен).

2. Анализ геохимических особенностей вулканических серий (на расширенных редкоземельных диаграммах, нормированных к составу примитивной мантии) показывает обогащение их LIL-элементами (Sr-K-Rb-Ba-Th), что характерно для вулканических серий субдукционных геодинамических обстановок. Однако, в отличие от классических «субдукционных» кривых распределения редких элементов, в изученных породах не наблюдается резкого спада кривых после Th, начиная с Ta и Nb. Одновременно отмечаются относительно повышенные содержания HFS элементов Hf, Tb, Ti, Y, Yb. Таким образом, характер распределения редких элементов в вулканиче-

ских сериях отражает характеристики, промежуточные между субдукционными и интрузивными.

3. Обсуждение петрогенетической модели позволяет сделать вывод о том, что начальные трахибазальты Гегамского нагорья происходят из обогащенного субдукционным компонентом мантийного источника и их эволюция связана, в основном, с кристаллизационной дифференциацией. Дальнейшая дифференциационная эволюция расплавов проходила с участием корового вещества. Важно отметить, что геохимические и петрогенетические особенности эволюции вулканических серии позволяют предполагать единый магмагенерирующий источник и сходные условия эволюции расплавов формирующих вулканические серии Гегамского нагорья от нижнего плиоцена до голоцена. Некоторые геохимические отличия трахибазальтов (долеритовых) по-видимому обусловлены быстрым подъемом магмы по отдельным трещинным структурам, с небольшой степенью дифференциации и без существенной контаминации. Трахибазальт-трахиандезитовые вулканические серии ареальных извержений дифференцированы и обогащены коровым веществом в большей степени.

Практическая ценность работы.

Выделение разновозрастных вулканических серий и комплексов, их петрогеохимическая характеристика, а также данные представленной схематической геолого-петрографической карты вулканических образований Гегамского нагорья М 1:100000, могут иметь большое практическое значение в вопросах, связанных с промышленным освоением продуктов вулканизма: лав и шлаков, обсидиана, перлита и литоидных пемз. Исследования отдельных вулканов и их групп, а также оценки температурных параметров магматических очагов, могут быть использованы при поисках альтернативных источников геотермальной энергии, что очень актуально для Армении. Приведенные в работе характеристики изменения во времени (от нижнего плиоцена до голоцена) типов и масштабов вулканических извержений, с относительным увеличением объема собственно эффузивных фаций могут свидетельствовать, в первом приближении, о тенденции уменьшения потенциальной вулканической опасности.

Апробация работы и публикации.

Основные положения работы были доложены на научной сессии, посвященной 70-летию основания геологического факультета Ереванского Государственного Университета (Ереван, 2004 г.), а также на заседании Ученого совета и научных семинарах ИГН НАН РА. По теме диссертации имеется 5 публикаций.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории вулканологии ИГН НАН РА. Диссертация состоит из введения, восьми глав и заключения. Общий объем работы,

включая список использованной литературы (174 наименований), составляет 160 страниц текста, 61 рисунок (диаграммы и фото), 15 таблиц и Приложения (30 стр.).

Благодарности.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, академику НАН РА Р.Т. Джрбашяну за постоянное внимание, консультации, и обсуждение результатов в процессе подготовки диссертации. Автор признателен доктору геол.-мин. наук А.С. Караханяну за содействие в процессе подготовки работы. Автор глубоко признателен кандидатам геол.-мин. наук К.Г. Шириняну, А.Х. Мнацаканян и С.Г. Карапетяну за неоценимую помощь оказанную при написании диссертационной работы и ценные замечания; кандидату геол.-мин. наук Ю.Г. Гукасяну за полезные советы и предоставленные неопубликованные геохимические данные по вулканизму Арагацкого массива, использованные нами для сравнения; кандидату геол.-мин. наук Р.Т. Мириджаняну, за полезные консультации и обсуждение некоторых геофизических вопросов.

Особую благодарность автор выражает научным сотрудникам Смитсонского института в Вашингтоне, (США), док. И. Савову, а также безвременно ушедшему из жизни проф. Дж. Луру, за участие в полевых работах, выполненные аналитические исследования и методическое руководство в интерпретации результатов аналитических данных, без которых не представлялось бы возможным создание настоящего труда.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ВУЛКАНИЗМА ГЕГАМСКОГО НАГОРЬЯ

В первой главе приводится краткий аналитический обзор истории геологического изучения верхнеплиоцен-четвертичного вулканизма Гегамского нагорья. Особенности геологии, тектоники вулканизма Гегамского нагорья привлекали внимание исследователей еще в конце XIX века, и рассмотрены в работах Г.Абиха и Ф. Освальда. В дальнейшем, в 20-х годах прошлого века, основные черты геологического строения Гегамского вулканического нагорья были рассмотрены С.С. Кузнецовым (1929) и Б.М. Куплетским (1929) в составе экспедиции под руководством Ф.Ю. Левинсона-Лессинга (1928,1929). Неоценимый вклад в исследования геолого-тектонических особенностей и вулканизма Гегамского нагорья внесли К.Н. Паффенгольц (1934, 1946, 1959) А.Н. Заварицкий (1944, 1945), Е.Е. Милановский (1956, 1960, 1968, 1973), Л.А. Варданянц (1948), Е.А. Нефедьева (1950), А.Т. Асланян (1958), А.А. Габриелян (1959), А.Н. Назарян (1962), К.Г. Ширинян (1961, 2005), С.П. Бальян (1962), Г.Г. Оганезов (1962), Э.Х. Харазян (1974, 1975) и др.

Наиболее детально собственно геолого-вулканологические аспекты Гегамского нагорья (геология, состав вулканических пород, особенности строения вулканических построек, их связь с тектоникой) освящены в работах К.И. Карапетяна, (1962, 1963,

1966, 1973, 1985). Кислый вулканизм Гегамского нагорья был детально рассмотрен в работах С.Г. Карапетяна (1968, 1972, 2001).

Согласно представлениям о геотектоническом районировании, современная структура Южного Кавказа сформирована на предколлизиионном и коллизиионном этапах развития (Зоненшайн и др., 1979; Лордкипанидзе, 1980; Джрбашян, 1990; Короновский, 1999, 2004, Trifonov et al., 1996). Позднеколлизиионная стадия отвечает времени от позднего миоцена до голоцена (Короновский, 1999, 2004). Согласно исследованиям К.Н. Паффенгольца (1934, 1959), Е.Е. Милановского (1960, 1962, 1968), А.Т. Асланяна (1958), А.А. Габриеляна (1959), К.И. Карапетяна (1963, 1973, 1985), М.Г. Ломизе (2004), А.С. Караханяна и др. (2004), выявлены основные особенности геологического строения, характера и типов пликативных и дизьюнктивных структур, истории развития плиоцен-четвертичного вулканизма и его взаимоотношения с неотектоникой и др.

Исходя из морфологических особенностей Гегамского нагорья, наличия сбросовых разрывных нарушений, закономерностей характера расположения вулканических построек и особенностей пространственного распределения вулканических серий выделяются: Восточный, Водораздельный и Разданский ареалы линейно-группового расположения вулканических центров (нами для краткости в дальнейшем именуемыми структурами) которые, в определенной мере соответствуют кластерам, выделенным А.С. Караханяном и др. (2004).

Большая часть вулканических центров Гегамского нагорья имеет линейное расположение, четко проявленное в водораздельной части. А.Т. Асланян (1958), А.А. Габриелян (1959) и др. линейное расположение вулканов связывали с близмеридиональными сбросовыми нарушениями или с разломами общекавказского – СЗ-ЮВ направления. Однако, в своё время, Ф.Ю. Левинсон-Лессинг (1928) считал, что такое расположение вулканов не даёт ещё основания для вывода об их приуроченности к большим тектоническим линиям. Позже это мнение было подтверждено данными гравитационных исследований, выявивших спокойные – безградиентные поля вдоль линейно вытянутой цепи вулканов (Ширинян и др., 1966).

Геотектоническое строение и позиция Гегамского нагорья характеризуют сложные геодинамические обстановки, которые могут отражать отдельные элементы обстановок субдукционного, внутриплитного и “pull apart basin” типов.

Несмотря на достаточно детальные исследования вопросов стратиграфии Гегамского нагорья, общепринятая стратиграфическая шкала отсутствует. На основе анализа геологических взаимоотношений верхнеплиоцен-четвертичных и находящихся в их основании нижнеплиоценовых образований а также данных по изотопному возрасту вулканических образований (Габриелян и др., 1968; С. Карапетян, 1968;

Багдасарян и др., 1973; Кадоша и др., 1990) и по археологическим данным (К. Карапетян, 1983) в работе предложена стратиграфическая последовательность формирования выделенных петрохимических серий и комплексов в соответствии с новой плиоцен-четвертичной геохронологической шкалой (ВСЕГЕИ, 1991), (табл. 1).

Неоген-четвертичная вулканическая деятельность сопровождалась активными георазрушительными процессами и общим воздыманием Кавказа. Гегамское нагорье расположено в восточной части коллизионной зоны Армянского вулканического нагорья являясь одной из вулканоструктурных единиц Восточной зоны вулканизма, приуроченной к Анкаван-Сюникскому глубинному разлому, роль которого в вулканизме была определяющей (Ширинян, 1973). Морфологически, нагорье представляет собой выпуклый эллипсоидный, щитообразный массив вытянутый в СЗ-ЮВ направлении вдоль западного берега оз. Севан. Общая протяженность нагорья, составляет порядка 65 км по длинной оси и около 35 км по короткой. Самой высокой точкой нагорья является вулкан Аждаак – 3597 м. Гегамское нагорье имеет асимметричное поперечное строение, пологое его крыло наклонено на С-СВ, а крутое – Ю-ЮЗ (Ширинян, 1966).

Преобладающая часть вулканических центров Гегамского нагорья имеет линейное расположение, что наиболее четко выражено вдоль его водораздельной части. В пределах нагорья выделяется 127 моногенных вулканов (Каталог..., 1978). В четвертичное время вулканическая активность в пределах Гегамского нагорья обусловлена центральными извержениями ареального характера (К. Карапетян, 1973, 1985; Ширинян, 1967). По строению и типу извержений, среди вулканических центров выделяются: шлаковые конусы (сложные и простые, 106 центров), лавовые конусы (8 центров), вулканы гегамского типа (7 центров) и куполовидные вулканы (6 центров), (К. Карапетян, 1963).

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВУЛКАНИЧЕСКИХ СЕРИЙ ГЕГАМСКОГО НАГОРЬЯ.

Разновозрастные вулканические образования Гегамского нагорья представлены широким спектром петрографических типов от базальтов и трахибазальтов до риолитов.

Базальт-трахибазальты (долеритовые) развиты в пределах Разданской и Восточной “структур” и характеризуются порфиридовидным строением, с крупными (до 1.2-1.5 мм) порфиристыми или порфиридовидными выделениями свежего оливина (Fe_{79}) и плагиоклаза (An_{65-51}). Реже отмечаются также порфиристые выделения бледно-зеленоватого клинопироксена в пойкилитовых сростках с плагиоклазом. Структура основной массы варьирует от долеритовой до микродолеритовой и микропойкилитовой.

Возрастные взаимоотношения нижнеплиоцен - четвертичных вулканических пород Гегамского нагорья

Таблица 1

Серии, комплексы и фазы		Геологический возраст		Возраст в <i>Ma</i>		Литература
		Старая шкала	Новая шкала *	К-Аг	Археологический	
Трахибазальт-трахиандезитовая серия	Базальтовый трахиандезит трахиандезитовый комплекс	Верхний четвертичный	Верхний неоплейстоцен голоцен	-	Верхний палеолит 0.012-0.010	К. И. Карапетян, 1983 (по данным Б.Г. Ерицяна, 1970, 1974)
	Трахибазальтовый комплекс	Нижний-средний четвертичный	Нижний-средний неоплейстоцен	-	Нижнеашельский 0.300-0.230	
Риолит-трахидацитовая серия **	III фаза	Верхний плиоцен	Верхний эоплейстоцен	~1 или ~2-0.5	-	С. Г. Карапетян, 1968
	II фаза	Средний плиоцен	Нижний плиоцен	4.3 - 5.3	-	
	I фаза	-	-	-	-	
Базальт-трахибазальтовая (долеритовая) серия		Верхний плиоцен	Верхний плиоцен	2.25	-	Г. П. Багдасарян и др., 1973
				2.47±0.17		
Трахиадезит-трахитовая серия ***	Комплекс трахиандезитовых лав манычарского типа	Граница среднего и верхнего плиоцена	Верхний плиоцен	2.55±0.35	-	Г. П. Багдасарян и др., 1973
		Средний плиоцен	Нижний плиоцен	4.5 - 5	-	А. А. Габриелян и др., 1968

* Утверждена МСК 30. 01. 1991 «Основы мелкомасштабного геологического картографирования. Методические рекомендации». Из-во ВСЕГЕИ.

** В литературе известны также данные о трековом возрасте риолит-трахидацитовая серия (Джрбашян и др., 2000), которые находятся в некотором противоречии с общегеологической и возрастной позицией вулканических комплексов и серий в целом.

*** Нижний плиоценовые породы этой серии в литературе известны как "трахиандезитовая формация" (К. Карапетян, 1981).

вой; реже она имеет трахитоидный облик. Нормативно это недосыщенные оливин-нефелиновые или оливин-бронзитовые натриевого уклона.

Базальты известково-щелочного ряда развиты исключительно в пределах Разданской “структуры”, являясь самостоятельной базальт-андезитовой ветвью серии нижнего-среднего неоплейстоцена. Они обладают порфировой структурой и сложены фенокристаллами плагиоклаза ($Ап_{64-62}$) и оливина, собранными в частыеglomerоскопления. Основная масса интерсертальная и состоит из лейст плагиоклаза, редких зерен клинопироксена и магнетита, и непрозрачного вулканического стекла.

Трахибазальты являются преобладающим типом Гегамского нагорья. Они встречаются кроме того и в комплексе верхнего неоплейстоцена-голоцена. Описываемые породы имеют порфировую структуру. Парагенезис фенокристаллов в них представлен плагиоклазом ($Ап_{60-55}$), оливином (Fo_{70}), клинопироксеном (авгит-салит, $Еп_{35,5}$), иногда также ортопироксеном (бронзит) и реже базальтической роговой обманкой. Общее содержание фенокристаллов составляет 10-20% объема породы.

Базальтовые трахиандезиты широко развитый петрохимический тип пород, слагающий преимущественно вулканический комплекс верхнего неоплейстоцена-голоцена Разданской и Водораздельной “структур”. В Восточной “структуре” породы данного комплекса встречаются редко и представляют как бы отклонения от трахибазальтов и трахиандезитов. В целом описываемые породы имеют порфировую структуру и сложены фенокристаллами (до 25% объема породы) плагиоклаза ($Ап_{55-41}$), оливина (Fo_{81-78}), клинопироксена (авгит-салит, $Еп_{43-46}$) и реже ортопироксена. Иногда встречаются также кристаллы ксеногенного кварца.

Трахиандезиты являются наиболее характерным типом вулканических пород верхний неоплейстоцен-голоценового комплекса, развитого только в Восточной и Водораздельной “структурах”. Представлены они также в наиболее древних нижне-верхнеплиоценовых сериях и комплексах. По петрографическому составу трахиандезиты соответствуют порфировым оливин (Fo_{83-76}) – плагиоклаз ($Ап_{65-54}$) – дупироксеновым (авгит-салиит – $Еп_{46-55}Fs_{10-13}Wo_{34-43}$; бронзит – $Еп_{77-78}Fs_{18-19}Wo_{3-4}$) и плагиоклаз ($Ап_{51-40}$) – дупироксеновым (авгит-салиит – $Еп_{44-48}Fs_{11-14}Wo_{39-43}$; бронзит – $Еп_{71-74}Fs_{23-26}Wo_{2-3}$) разновидностям с суммарным содержанием фенокристаллов до 20-25%. В трахиандезитах нижнего плиоцена установлены также редкие кристаллы калишпата, апатита, биотита и амфибола.

Трахиты встречаются в составе трахиандезитовой формации нижнего плиоцена. Они содержат крупные (1-1.5мм) порфировые выделения плагиоклаза ($Ап_{56-58}$), базальтической роговой обманки ($Mg\# = 75-65$) и магнетита. Основная масса пилотакситовая, трахитоидная, сложена тонкими лейстами калишпата и слабо раскристалли-

зованным вулканическим стеклом. В нормативном составе присутствуют кварц и бронзит; в норме альбит преобладает над ортоклазом.

Риолиты и трахидациты развиты в пределах Разданской “структуры”, участвуя в строении вулканов Атис, Гутансар, куполов Фонтан, Алапарс и Гюмуш, Авазан. В Водораздельной “структуре” развиты риолиты и обсидианы слагающие куполовидные вулканы Спитакасар и Гехасар (S.Karapetyan et al., 2001). Породы характеризуются флюидалной, брекчиевидной текстурой и относятся к олигофиловым, афировым разностям с гиалиновой, микрофельзитовой, сферолитовой основной массой.

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ГЕГАМСКОГО НАГОРЬЯ.

Петрохимическая характеристика вулканических серий и комплексов Гегамского нагорья приводится на основании 149 химических анализов по материалам автора и литературным источникам. Все химические анализы отражены на диаграммах TAS (Классификация..., 1997) (рис. 1). Разнообразии описанных выше петрографических типов вулканитов Гегамского нагорья отражает их принадлежность к четырем субщелочным петрохимическим сериям в следующей возрастной последовательности: трахиандезит-трахитовая (нижний-средний плиоцен), базальт-трахибазальтовая (долеритовая, верхний плиоцен), риолит-трахидацитовая (нижний плиоцен–II фаза, верхний эоплейстоцен–III фаза), трахибазальт-трахиандезитовая (неоплейстоцен-голоцен).

Трахиандезит-трахитовая серия в разных “структурах” дифференцирована по-разному. В Разданской “структуре” данная серия включает породы от андезитов ($\text{SiO}_2=58.44\%$) до дацитов ($\text{SiO}_2=68.00\%$) и принадлежит к умеренно-калиевой, низкомагнезиальной, высокоглиноземистой ($al' = 2.10-2.99$) серии. В пределах Водораздельной “структуры” отмечаются вариации составов от высококалиевых базальтовых трахиандезитов к трахитам: по мере возрастания SiO_2 в диапазоне 52.13-61.24%, общая щелочность возрастает до 6.46-9.10%. Содержания Al_2O_3 в том же направлении слабо возрастают параллельно убыванию MgO ; между содержаниями TiO_2 и K_2O устанавливается обратная зависимость. В Восточной “структуре” прослеживается высококалиевый известково-щелочной тренд от трахиандезитов ($\text{SiO}_2=54.96\%$) до трахитов ($\text{SiO}_2=62.03\%$) с резким возрастанием суммы щелочей от 7.08 до 9.34%. Трахиандезиты манычарского комплекса ($\text{SiO}_2=55.93-58.40\%$) характеризуются принадлежностью к преимущественно калиевым ($\text{K}_2\text{O}=2.50-3.27\%$), умеренно магнезиальным ($\text{MgO}=2.30-3.51\%$) и умеренно глиноземистым ($al' = 1.69-1.91$) типам.

Базальт-трахибазальтовая (долеритовая) серия слабо дифференцирована как по SiO_2 (47.82-53.03%), так и по сумме щелочей (4.0-5.5%), оставаясь в пределах



Рис.1. Фигуративные точки отражающие вещественные составы вулканических образований в различных "структурах" Гегамского нагорья. Условные обозначения: 1- нижний плиоцен, 2- верхний плиоцен (маньчарский комплекс), 3- верхний плиоцен (базальт-трахибазальты (долеритовые)), 4- верхний зоплейстоцен, 5- нижний-средний неоплейстоцен, 6- верхний неоплейстоцен – голоцен;

7- Ератумберские вулканы верхне-неоплейстоцен-голоценового возраста. Поля: В- Базальты, О1-Базальтовые андезиты, О2-андезиты, О3-дациты, S1-трахибазальты, S2-базальтовые трахиандезиты, S3-трахиандезиты, Т-трахиты, трахидациты, R-риолиты.

умеренно-калиевых разностей. Латеральные вариации её состава выражены в приуроченности нормальных базальтов и базальтовых трахиандезитов (долеритовых) к Разданской "структуре", а собственно трахибазальтов (долеритовых) – к Восточной.

Риолит-трахидацитовая серия развивалась начиная с нижнего плиоцена в три возрастные фазы, разделённые геологическими перерывами. Её вторая и третья фазы проявлены в пределах Разданской "структуры", где они чётко дифференцированы в антидромном направлении от высококалиевых риолитов до трахидацитов, с убыванием SiO_2 (от 73.99 до 66.44%) при сохранении общего высокого уровня щелочности. В Водораздельной "структуре" проявлена только третья фаза кислого вулканизма, представленная максимально обогащенными SiO_2 (74.81-76.00%) риолитами калий-натриевого и калиевого уклона.

Трахибазальт-трахиандезитовая серия является завершающей и отчётливо подразделяется на два укороченных комплекса: трахибазальтовый комплекс нижнего-среднего неоплейстоцена и дифференцированный базальтовый трахиандезит - трахиандезитовый комплекс верхнего неоплейстоцена - голоцена.

В Восточной "структуре" первый комплекс представлен теми же трахибазальт-трахиандезитами, с узким диапазоном возрастания щелочей (6.10-6.89%). Второй комплекс образует два прерывистых сгущения в области трахибазальтов

($\text{SiO}_2=51.04\%$) и трахиандезитов ($\text{SiO}_2=$ до 59.53%). Сумма щелочей варьирует от 5.40 до 6.85%; породы калий-натриевые ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0.53-0.69$), умеренно-глиноземистые ($\text{al}'=1.19-1.71$) и магнезиальные.

Составной частью второго комплекса Восточной “структуры” является Ератумберская группа вулканов, трахиандезитовый состав которых группируется в узком интервале ($\text{SiO}_2=55.77-60.01\%$), при сумме щелочей 6.10-7.26%. Они имеют калий-натриевой облик ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0.51-0.80$), располагаясь на границе высококалиевого поля. По текстурным и петрографическим признакам возникновение пород Ератумберской группы вулканов связано с особой порцией магматического расплава, обогащенного газово-флюидной фазой.

В Водораздельной “структуре” для первого комплекса устанавливается субщелочной высококалиевый ряд от трахибазальтов до трахиандезитов ($\text{SiO}_2=50.92-60.24\%$), в котором с возрастанием SiO_2 заметно возрастает сумма щелочей (5.09-7.20%). По соотношению Na_2O и K_2O намечается переход от натриевого к калий-натриевому типу ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0.40-0.80$). Второй комплекс представлен непрерывным рядом от трахибазальтов до трахиандезитов с отклонением в сторону андезитов ($\text{SiO}_2=50.98$ до 59.13%), при сумме щелочей (5.90-7.21%). Это высококалиевой ряд с $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0.36-0.79$.

В Разданской “структуре” первый комплекс четко раздваивается на две ветви. Первая из них представлена оливиновыми базальтами и базальтовыми андезитами - андезитами ($\text{SiO}_2=48.86-62.24$), при сумме щелочей от 3.95 до 6.66%. Вторая ветвь соответствует трахибазальту-базальтовому трахиандезиту ($\text{SiO}_2=47.82-54.48\%$), с суммой щелочей 5.08-7.06%. Обе ветви относятся к умеренно-калиевому типу и характеризуются натриевым обликом ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0.24-0.75$), с заметной отрицательной корреляцией MgO и Al_2O_3 . Второй комплекс в Разданской “структуре” образует компактный рой точек в поле базальтовых трахиандезитов ($\text{SiO}_2=52.43-54.47\%$), сумма щелочей (6.10-7.06). Это умеренно-магнезиальный ($\text{MgO}=2.40-4.34\%$) и умеренно-глиноземистый ($\text{al}'=1.29-1.90$) ряд.

В разных ареалах Гегамского нагорья описанные вулканические серии распределены по-разному. Восточная “структура” характеризуется наиболее полным разрезом вулканических серий, где только отсутствует риолит-трахидацитовая серия. В Водораздельной – из общего разреза выпадают вулканы верхнего плиоцена (базальт-трахибазальты (долеритовые) и манычарские лавы). Разданская “структура” отличается длительным и прерывистым проявлением вулканизма риолит-трахидацитоидной серии, а также развитием слабо дифференцированной базальт-трахибазальтовой (долеритовой) серии.

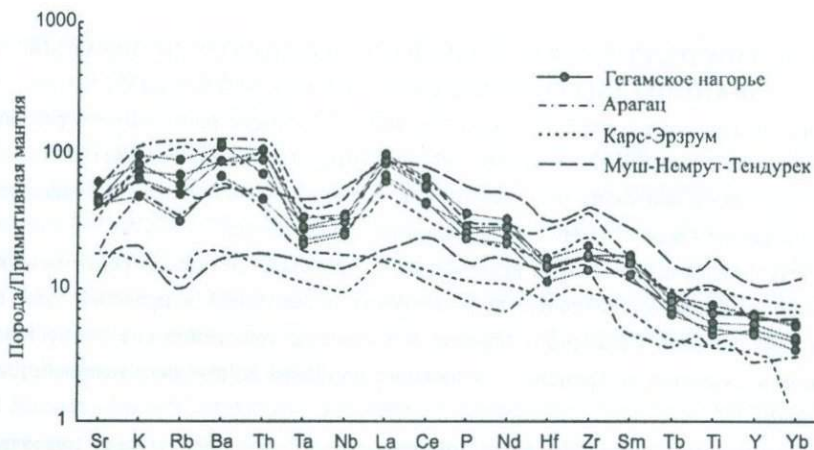


Рис. 2. Спектры распределения редких элементов в породах Гегамского нагорья ($SiO_2 < 61\%$).

интервале Hf, Tb, Ti, Y, Yb кривые вулканитов Гегамского нагорья располагаются намного выше чем породы Карсского вулканического плато и массива вулкана Арагат, отнесенных к «субдукционным» вулканитам (Pearce et al., 1990; Keskin, 2003). Наиболее наглядно «внутриплитная» характеристика проявлена в спектре трахибазальтов (долеритовых), где отмечаются пониженные концентрации Sr, Rb, Ba, Th, слабо проявленный минимум при переходе от Th к Ta и Nb, а также повышенные концентрации P, Ti, Y, и тяжелых REE, что отражает незначительную степень контаминации данной серии «субдукционными» компонентами. Спектр трахибазальтов (долеритовых) целиком вписывается в поле вулканических пород вулканов Муш-Немрут-Тендурек, отнесенных к внутриплитным образованиям с незначительной степенью контаминации коровым веществом (Pearce et al., 1990; Keskin, 2003).

Сочетание внутриплитных и субдукционных характеристик вулканических пород Гегамского нагорья отчетливо проявлено также на многочисленных дискриминационных диаграммах $Zr/Al_2O_3 - TiO_2/Al_2O_3$; $Zr-Ti-Yb$; $Zr/Y-Zr$.

Важно отметить, что целый ряд индикаторных геохимических отношений Zr/Nb , Zr/Ta , La/Nb , La/Ta , Ba/Nb , Ba/La , Th/Ta , в вулканитах Гегамского нагорья, в целом выше, чем во внутриплитных образованиях (Кононова и др., 1986; Магматические..., 1985 и др.), но одновременно эти отношения близки к нижнему пределу таковых в островодужных вулканических сериях.

Распределение REE элементов в трахиандезит-трахитовой, базальт-трахибазальтовой (долеритовой), и трахибазальт-трахиандезитовой сериях в целом сходно, и характеризуется равномерным спектром (без Eu минимума) и высокой степенью обогащения легкими REE ($La/Yb=16-38$). Наименьшие значения отношения

La/Yb характерны для наименее дифференцированных вулканитов базальт-трахибазальтовой серии.

Геохимическая типизация вулканических серий Гегамского нагорья свидетельствует о преобладании в них «субдукционных» характеристик, однако вулканиты обнаруживают также некоторые «внутриплитные» геохимические черты. Наиболее четко «внутриплитная» сигнатура проявлена в породах наименее дифференцированной базальт-трахибазальтовой (долеритовой) серии. Таким образом, геохимические особенности субщелочного вулканизма Гегамского нагорья отражают характеристики, промежуточные между субдукционными, характерными для вулканических серий массивов Арарат, Арагац и плато Карс-Эрзерум, и внутриплитными – для вулканических серий вулканов Муш-Немрут-Тендурек в Восточной Анатолии.

1961

Геохимические особенности позднеколлизийного кислого вулканизма на территории Армении детально исследованы ранее (Меликсетян и др., 1998; Джрбашян и др., 2001; S. Karapetyan et al., 2001 и др.). Кислый вулканизм представлен тремя главными возрастными фазами, начиная от нижнего плиоцена до верхнего эоплейстоцена, разделенными геологическим перерывами (С. Карапетян, 1972). В пределах Разданской «структуры» Гегамского нагорья кислый вулканизм представлен риолитами второй фазы (нижний плиоцен) и риолит-трахидацитами третьей фазы (верхний эоплейстоцен). В Водораздельной «структуре» «представлены только риолиты третьей фазы. По геохимическим параметрам они подразделяются на два геохимических типа: бариевый, свойственный породам Западной вулканической зоны Армении и рубидиевый – характерный для Восточной вулканической зоны (С. Карапетян, 1972; Меликсетян и др., 1998; S. Karapetyan et al., 2001; Джрбашян и др., 2002; Ширинян, 1973). Гегамское нагорье является, по существу границей между вышеотмеченными зонами распространения указанных геохимических типов кислых вулканитов.

В риолит-трахидацитовой серии четко выражен устойчивый и глубокий Eu-минимум, отражающий раннее удаление из расплава основного плагиоклаза или его сохранение в рестите. В риолитах Водораздельной «структуры» Eu-минимум проявлен глубже, чем в породах Разданской «структуры». Таким образом, очевидно, что чем ниже степень дифференциации, фракционирования, и обогащения лёгкими REE, тем глубже Eu-минимум и тем ниже значения Eu/Eu^* . Так в риолитах Водораздельной «структуры» $Eu/Eu^* = 0.11-0.14$, в риолитах Разданской «структуры» – $Eu/Eu^* = 0.27-0.35$, в трахидацитах – $Eu/Eu^* = 0.64$.

Сравнение характера распределения Ta, Nb, Th, U, Zr, Ba, REE в риолитах и в трахибазальт-базальтовый трахиандезит-трахиандезитовых вулканитах Гегамского нагорья подчеркивает дискретный характер кислого вулканизма, подтверждая выводы более ранних исследований (С. Карапетян, 1972; Меликсетян и др., 1998; Ширинян и

др., 2004) о том, что кислый вулканизм не является продуктом эволюции и дифференциации трахибазальт-трахиандезитовых серий.

ГЛАВНЫЕ ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ, ИХ СОСТАВЫ И УСЛОВИЯ СОНАХОЖДЕНИЯ

Минералогическая характеристика пород разновозрастных вулканических серий Гегамского нагорья базируется на результатах 360 микрозондовых определений составов минералов-вкрапленников: оливина, клинопироксена, ортопироксена, амфибола и плагиоклаза, выполненных в Вашингтонском университете.

Оливин является характерным минералом базальт-трахибазальтовой, трахибазальт-трахиандезитовой серий. Состав, оливинов магнезиальный и соответствует хризолиту, содержание форстеритового минала варьирует в пределах Fo_{83-76} . Для оливинов характерны пониженные содержания Cr_2O_3 , (0,01-0,06%) и отмечается слабая положительная корреляция с возрастанием Fo . Концентрации MnO и NiO в оливинах колеблются в пределах 0,26-0,54% и 0,09-0,43% соответственно, с возрастанием магнезиальности оливинов содержания MnO понижаются, а NiO наоборот. Содержание CaO в оливинах постоянны, (в пределах 0,11-0,27%), соответствуя тренду эволюции расплава на диаграмме $CaO-Fo$.

Ортопироксен встречается в породах трахиандезит-трахитовой и трахибазальт-трахиандезитовой серий, в изоморфном ряду энстатит-ферросилит состав соответствует бронзиту ($Mg\#=72-81$).

Клинопироксен широко распространен в вулканических сериях Гегамского нагорья. По составу соответствует авгит-салиту ($Mg\# =73-83$, $Ca\# = 404-1662$). Вариации параметра $Ca\#$ в клинопироксенах вулканических серий Гегамского нагорья выше 400, указывая по (Нестеренко и др., 1983), что давление в системе при их кристаллизации их не превышало 5 кбар. Для разновозрастных серий тренды изменения составов зональных клинопироксенов соответствуют: $Si, Mg \leftrightarrow Al, Ti, Fe^{+2}, Ca$ (1) и $Si, Fe^{+2}, Mg \leftrightarrow Al, Ti, Ca, Na$ (2). В целом, подобные тренды (1) и (2) вариаций составов клинопироксенов характерны для субщелочных и щелочных вулканических пород (Дуденко и др., 1977).

Плагиоклаз является распространенным минералом вкрапленников и основной массы в изучаемых вулканических сериях. По составу плагиоклаз соответствует лабрадор-андезин-олигоклазу (An_{66-19}). Плагиоклаз трахиандезит-трахитовой и трахибазальт-трахиандезитовой серий имеет лабрадор-андезиновый (An_{42-57}) состав, в базальт-трахибазальтах (долеритах) в основном лабрадоровый (An_{49-66}). В риолит-трахидацитовой серий плагиоклаз олигоклазового состава (An_{34-15}). Важно отметить наличие как прямой и обратной, так и осциляторной зональности в плагиоклазах

вулканических серий Гегамского нагорья, что можно объяснить изменением физико-химических условий по ходу кристаллизации, а также вариациями давления и активности H_2O в расплаве, что может вызвать изменения концентраций Са в расплаве.

Амфибол встречается в вулканических образованиях трахит-трахиандезитовой серии. Для амфиболов указанной серии характерно повышенное содержание кальция. Согласно классификации (Rock et al., 1984) амфиболы соответствуют магнезиальным гастингситу и керсутиту, отличаясь содержаниями титана (TiO_2) при постоянных содержаниях Na. По амфиболовому геобарометру (Johnson et al., 1989) оценка давления кристаллизации трахиандезит-трахитовой серии находится в пределах 4,1-5,1 кбар.

Минералого-петрографические исследования для вулканических серий Гегамского нагорья позволили выделить три типа сосуществующих минеральных ассоциаций: 1) Pl+Am+расплав (нижний плиоценовые трахиты), 2) Pl+Ol+Cpx+расплав (верхнеплиоценовые трахибазальты (долеритовые)) и Pl+Cpx+Orx+расплав (верхний плиоценовые лавы манычарского типа и верхний неоплейстоцен-голоценовые лавы Ератумберской группы) и 3) Pl+Ol+Cpx+Orx+расплав (неоплейстоцен-голоценовые лавы). Выделены температурные диапазоны формирования минеральных ассоциаций согласно геотермометрам (Перчук и др., 1976; Ваганов и др., 1976; Lindsley, 1983; Louks, 1996). Наиболее высокая температура кристаллизации характерна для оливин-клинопироксенового парагенезиса в трахибазальт-трахиандезитовой серии $-1200^{\circ}C$, а низкая для парагенезиса амфибол-плагиоклаз трахиандезит-трахитовой серии, до $780^{\circ}C$. Для темноцветных минералов отмечается прямая зависимость температур кристаллизации и магнезиальности.

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЗДНЕКОЛЛИЗИОННОГО ВУЛКАНИЗМА ГЕГАМСКОГО НАГОРЬЯ.

В связи с близостью целого ряда петрохимических, минералогических и геохимических особенностей развития плиоцен-четвертичного вулканизма в пределах Армянского вулканического нагорья, представляется, что рассмотренные в литературе петрогенетические и геодинамические модели для Восточной Анатолии могут быть использованы также для интерпретации молодого вулканизма Гегамского нагорья. В работе Дж. Пирса (Pearce et al., 1990), подробно рассматриваются петрогенетические модели вулканизма Восточной Анатолии, с использованием диаграмм Ta/Yb-Th/Yb и Y-Rb, в дальнейшем эти модели были дополнены новыми данными (Keskin et al., 1998). Поскольку эволюция вулканических серий Гегамского нагорья происходила под влиянием наложения на кристаллизационную дифференциацию процессов коро-

вой контаминации, предпринята попытка обозначить эти процессы при помощи различных геохимических пар элементов.

На диаграмме Y-Rb (рис. 3), рубидий выбран как индекс дифференцированности пород, в связи с постоянной положительной корреляцией Rb с SiO_2 (Rb остается несовместимым элементом в процессе дифференциации от базальтов до дацитов), а иттрий выбран как элемент, вариации которого связаны, в основном, с кристаллизационной дифференциацией, поскольку на концентрацию Y практически не влияет контаминационное обогащение коровыми компонентами, так как концентрации данного элемента в коре постоянны и колеблются в пределах 20-25 ppm (Palme et al., 2003; Taylor et al., 1985). На диаграмме показаны тренды дифференциационной эволюции внутриплитных вулканитов Муш-Немрут-Тендукрек, а также субдукционных серий плато Карс-Эрзерум (Pearce et al., 1990). На ту же диаграмму нанесены теоретические векторы, показывающие эффект 50% кристаллизации приведенных фазовых комбинаций минералов. Для вулканических пород плато Карс-Эрзерум и вулканов Арарат (Pearce et al., 1990) и Арагац (И.Савов, Ю. Гукасян, неопубликованные данные) выделяются высоко-Y и низко-Y тренды, которые отвечают кристаллизации фазовых комбинаций Pl-Orх-Cpx-Ol и Pl-Am соответственно. Эволюция вулканических серий вулканов Муш-Немрут-Тендукрек соответствует тренду обогащения-Y, отвечая кристаллизации фазовых комбинаций безводных минералов Pl-Ol-Cpx-Mt. Вулканические породы Гегамского нагорья с Pl-Orх-Cpx-Ol парагенезисом, на данной диаграмме располагаются вдоль высоко-Y тренда Карс-Эрзерум-Арагац-Арарат, однако трахибазальты тяготеют к вектору обогащения Y при кристаллизации фазовых комбинаций Pl-Ol-Cpx-Mt (тренд эволюции Муш-Немрут-Тендукрек).

На диаграмме Th/Yb – Ta/Yb (рис. 4) представлены вулканические серии Гегамского нагорья ($\text{SiO}_2 < 61\%$), и показаны тренды обогащения и обеднения мантии (I-II), а также векторы коровой контаминации (C), внутриплитного обогащения (W) и фракционирования (F). Геохимические особенности Th и Ta таковы, что эти элементы в высокой степени несовместимы при процессах парциального плавления и фракционной кристаллизации в основных и средних расплавах, и напротив, хорошо отражают процессы контаминации (увеличение Th) и субдукционного обогащения (уменьшение Ta).

На данной диаграмме трахибазальты и долеритовые трахибазальты располагаются параллельно тренду мантийного обогащения (обогащение во внутриплитной обстановке), а далее, начиная с базальтовых трахиандезитов происходит довольно резкий поворот вверх, и тренд эволюции вулканических серий приближается к вектору контаминационного обогащения.

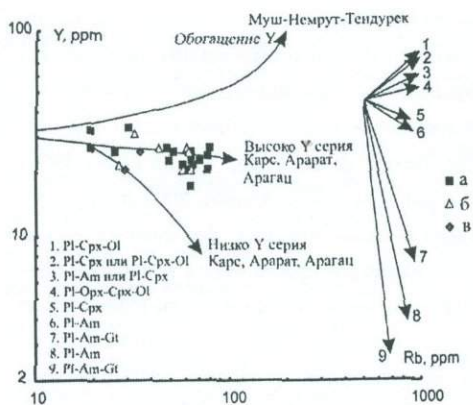


Рис. 3. Дискриминационная диаграмма Y-Rb (Pearce et al., 1990; Keskin et al., 1998) для петрогенетической интерпретации пород Гегамского нагорья. Условные обозначения: а-Восточная "структура", б-Водораздельная "структура", в-Разданская "структура". Показаны теоретические векторы, показывающие эффект 50% кристаллизации приведенных фазовых комбинаций минералов.

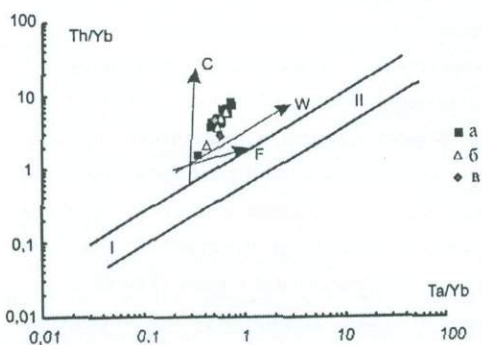


Рис. 4. Дискриминационная диаграмма Th/Yb-Ta/Yb (Pearce et al., 1990, дополнения по Когарко и др., 1994) для петрогенетической интерпретации пород Гегамского нагорья. Векторы: коровая контаминация (C), внутриплитное обогащение (W) и фракционирование (F). I – обогащенная мантия, II – обедненная мантия. Условные обозначения см. на рис. 3.

Таким образом можно предположить, что изученные базальты могли произойти из обогащенного субдукционным компонентом мантийного источника, и их эволюция была связана, в основном, с кристаллизационной дифференциацией. В дальнейшем, дифференциационная эволюция вулканических серий Гегамского нагорья происходила с участием корового вещества.

Важно отметить, что геохимические особенности и петрогенетическая модель эволюции вулканических серий Гегамского нагорья для всех рассматриваемых его фрагментов – Восточной, Водораздельной и Разданской "структур" (Навасардян, 2006), в целом идентичны, что позволяет в пределах всего Гегамского нагорья, от нижнего плиоцена до голоцена, предполагать существование единого магмагенерирующего источника и сходных условий эволюции расплавов; подобное мнение было высказано также К.И.Карапетяном (1963, 1985). Можно допустить, что некоторые геохимические различия трахизабальтов (долеритовых) обусловлены их отличной тектонической позицией, связанной с трещинным излиянием (Шириян и др., 2004; Харазян, 1975), что предполагает быстрый подъем магмы, без существенной конта-

минации. Вулканические серии ареальных извержений из центральных вулканов, были дифференцированы в значительно большей степени и обогащены коровым веществом. Для зоны позднеколлизийного вулканизма Армянского нагорья, и в частности для молодого вулканизма Восточной Анатолии, был выдвинут целый ряд геодинамических моделей (Innocenti et al., 1982; Dewey et al., 1986; Yilmiz et al., 1997, Pearce et al., 1990; Keskin et al., 1998, 2006; Sengor et al., 2003; Keskin, 2003 и др.).

Анализ петрохимических, минералогических и геохимических образований Гегамского нагорья позволяет, в качестве одной из наиболее приемлемых к нашему случаю, привлечь геодинамическую модель, предложенную Ф. Инноченти (Innocenti et al., 1982) и дополненную и развитую М. Кескином (Keskin, 2003). По данной модели, основанной на результатах геофизических исследований в рамках сейсмического эксперимента Восточной Анатолии (Gok et al., 2000; Al-Lazki et al., 2003), было установлено, что литосфера на юге регионе тонкая или полностью отсутствует, и предполагается, что это является следствием отрыва (breakoff) и изменения наклона субдуцируемой плиты. Данная геодинамическая модель хорошо объясняет различия химизма лав на юге и севере региона. В северной части области, вулканические продукты плато Карс-Эрзерум являются известково-щелочными с наличием субдукционной геохимической сигнатуры и генерировались над зоной погружения субдуцируемой плиты (обогащение и контаминация). А на юге, продукты извержений вулканов Муш-Немрут-Тендурек несут щелочной тренд, внутриплитного типа (Pearce et al., 1990; Keskin et al., 1998) и связаны с областью отрыва субдуцируемой плиты (подъем мантийных магм по образовавшемуся разрыву коры), (Keskin, 2003).

Распространение этой региональной модели для интерпретации молодого позднеколлизийного вулканизма территории Армении в какой то мере затруднительно, в связи с отсутствием современных геофизических данных. Однако, важно отметить, что и в пределах Армении можно проследить аналогичный таковому в Восточной Анатолии переход с юга на север от щелочных (Капан, Сюник) к известково-щелочным вулканическим образованиям (Арагац). Представляется, что субщелочной вулканизм Гегамского нагорья занимает в этом ряду промежуточное положение, совмещая геохимические черты, свойственные как «субдукционным» так и «внутриплитным» вулканическим сериям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Гегамское нагорье является одним из молодых, плиоцен-четвертичных (позднеколлизийных) вулканических областей Армении. В пределах нагорья известны и изучены около 127 вулканических центров, различающихся размерами, морфологией, строением, типом извержения и составом лав. Геологические, морфоструктурные

петрохимические и минералогические особенности вулканических образований нагорья позволяют выделить в пределах нагорья 3 ареала (структуры): Восточный, Водораздельный и Разданский.

2. Исходя из полученных новых и литературных данных по геологическим взаимоотношениям вулканических серий, данных по изотопному датированию и археологических данных, а также руководствуясь современной геохронологической шкалой проведено возрастное расчленение серий на: нижне-плиоценовую; верхне-плиоценовую, верхне-эоплейстоценовую, нижне – средне-неоплейстоценовую и верхне-неоплейстоцен – голоценовую.

3. Петрографические и петрохимические исследования вулканических серий Гегамского нагорья позволили выделить четыре субщелочные петрохимические серии в следующей возрастной последовательности: трахиандезит-трахитовая (нижний-верхний плиоцен); базальт-трахибазальтовая (долеритовая, верхний плиоцен); риолит-трахидацитовая (нижний плиоцен II фаза; верхний эоплейстоцен III фаза) и трахибазальт-трахиандезитовая (неоплейстоцен-голоцен).

4. Закономерности распределения LIL и HFS элементов в вулканических сериях Гегамского нагорья отражает сочетание в них «субдукционных» и «внутриплитных» характеристик.

5. Характер распределения Ta, Nb, Th, U, Zr, Ba, REE элементов в кислых вулканических сериях Гегамского нагорья отражает их дискретную природу, не связанную с дифференциацией трахибазальт-трахиандезитовых серий.

6. Минералого-петрографические исследования вулканических серий Гегамского нагорья позволили выделить три типа сосуществующих минеральных ассоциаций: двухфазные (Pl+Am+расплав), трехфазные (Pl+Ol+Crx+расплав и Pl+Crx+Orx+расплав) и четырехфазные (Pl+Ol+Crx+Orx+расплав). Выделены температурные диапазоны формирования минеральных ассоциаций согласно известным геотермометрам. Наибольшая температура кристаллизации (1200°C) свойственна паре оливин-клинопироксен в трахибазальт-трахиандезитовой серии, а наименьшая, до (780°C) – для парагенезиса амфибол-плаггиоклаз в трахиандезит-трахитовой серии. В темноцветных минералах отмечается прямая зависимость температур кристаллизации и магнезиальности. Кристаллизация изученных минеральных парагенезисов проходила в условиях невысокого (до 5 кбар) давления.

7. Предполагается единый обогащенный мантийный источник для вулканических образований Гегамского нагорья; вместе с тем, геохимические различия трахибазальтов (долеритовых) обусловлены их трещинным излиянием, без существенной контаминации и дифференциации, а ареальные вулканические серии Гегамского нагорья,

извергавшиеся из центральных вулканов, были дифференцированы и обогащены ко- ровым веществом в значительно большей степени.

8. Для интерпретации позднеколизийного вулканизма территории Армении и, в частности, Гегамского нагорья, была использована одна из региональных моделей, допускающая изменение наклона и отрыв субдущируемой плиты, которая была предложена для Восточной Анатолии (Innocenti et al., 1982) и дополнена (Keskin, 2003). Данная модель объясняет различие в химизме лав на юге и севере Восточной Анатолии, которые можно проследить в пределах Армении - от щелочных (Капан, Сюник) на юге к известково-щелочным вулканическим образованиям (Арагац) на севере. Представляется, что субщелочной вулканизм Гегамского нагорья занимает в этом ряду промежуточное положение, совмещающая геохимические черты, свойственные как «субдукционным» так и «внутриплитным» вулканическим сериям.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Навасардян Г., Ширинян К.** Петрохимические серии базальтоидов Гегамского вулканического нагорья и некоторые вопросы вулканизма. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2005, т.LVIII, №2, с.9-16.
2. **Навасардян Г.** Верхний эоплейстоцен-неоплейстоценовый вулканизм Гегамского нагорья (Армения). Четвертая Международная научная конференция «Вулканизм, биосфера и экологические проблемы». Тезисы докладов, Туапсе, 2006, ст. 44-45.
3. **Ширинян К., Навасардян Г.** Систематика, геологические условия проявления позднеколлизионных базальтоидов Армении. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2006, т.LX, №2, с.27-32.
4. **Навасардян Г.** Петрографические и петрохимические особенности позднеколлизионного вулканизма Гегамского нагорья. Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2006, №3, с.10-19.
5. **Джрбашян Р., Лур Дж., Савов И., Карапетян С., Навасардян Г.** Геохимические характеристики позднеколлизионного вулканизма Гегамского нагорья (Армения). Изв. НАН Армении, Науки о Земле, 2007, т.LXII, №1, с.16-31.

Մ Մ Փ Ո Փ Ա Գ Ի Ր

1. Գեղամա բարձրավանդակը հանդիսանում է Հայաստանի տարածքի երիտասարդ, պլիոցեն-չորրորդական (ուշ կոլիզիոն) հասակի հրաբխային շրջաններից մեկը: Բարձրավանդակի սահմաններում հայտնի են և ուսումնասիրված են 127 հրաբխային կենտրոններ, որոնք տարբերվում են չափերով, մորֆոլոգիայով, կառուցվածքով, ժայթքման տիպերով և ապարների

կազմերով: Բարձրավանդակի հրաբխային առաջացումների երկրաբանական, պետրոքիմիական և միներալոգիական առանձնահատկությունները թույլ են տալիս բարձրավանդակի սահմաններում առանձնացնել երեք շրջաններ (ստորուկտուրաներ)՝ Արևելյան, Ջրբաժանային և Հրազդանի:

2. Հրաբխային գոյացումների դիտարկված երկրաբանական փոխհարաբերությունների, գոյություն ունեցող իզոտոպային հասակի և հնագիտական տվյալների, ինչպես նաև առաջնորդվելով պլիոցեն-չորրորդական նոր երկրաժամանակագրական սանդղակով, կատարվել է բարձրավանդակի հրաբխային առաջացումների հասակային ժամանակակից ստորաբաժանում՝ ստորին պլիոցեն, վերին պլիոցեն, վերին էոպլեյստոցեն, ստորին-միջին նեոպլեյստոցեն, վերին նեոպլեյստոցեն-հոլոցեն:

3. Բարձրավանդակի սահմաններում հրաբխային գոյացումների պետրոգրաֆիական և պետրոքիմիական ուսումնասիրությունների արդյունքում առանձնացվել են պետրոքիմիական սուբալկալային չորս սերիաներ հետևյալ հասակային հաջորդականությամբ՝ տրախիանդեզիտ-տրախիտային (ստորին-վերին պլիոցեն), բազալտ-տրախիբազալտային (դոլերիտային, վերին պլիոցեն), ոռոլիտ-տրախիդացիտային (ստորին պլիոցեն – II փուլ և վերին էոպլեյստոցեն – III փուլ), տրախիբազալտ-տրախիանդեզիտային (նեոպլեյստոցեն-հոլոցեն):

4. Գեղամա բարձրավանդակի սուբալկալային հրաբխային սերիաներում ու կոմպլեքսներում LIL (Sr, K, Rb, Ba, Th) էլեմենտներով հարստացումը, ինչպես նաև HFS (Hf, Zr, Tb, Ti, Y, Yb) էլեմենտների համեմատաբար բարձր պարունակությունները արտահայտում են սուբդուկցիոնային և ներսալային բնութագրերի գույակցում:

5. Ta, Nb, Th, U, Zr, Ba, REE էլեմենտների տեղաբաշխումը Գեղամա բարձրավանդակի սահմաններում հայտնի թթու կազմի հրաբխային գոյացումներում թույլ են տալիս ենթադրել, որ նրանք չեն հանդիսանում տրախիբազալտ-տրախիանդեզիտային սերիայի դիֆերենցացիայի արդյունք:

6. Գեղամա բարձրավանդակի հրաբխային առաջացումներում միներալապետրոգրաֆիական ուսումնասիրությունների արդյունքում առանձնացվել են միներալային ասոցիացիաների երեք տիպեր՝ երկմիներալային (եռաֆազ)՝ Pl+Am+հալոցք, երեք միներալային (քառաֆազ)՝ Pl+Ol+Cpx+հալոցք և Pl+Cpx+Opx+հալոցք, ինչպես նաև չորս միներալային (հնգաֆազ)՝ Pl+Ol+Cpx+Opx+հալոցք: Նշված պարագենեզիսներում տարբեր միներալային գույզեր ըստ գրականությունից հայտնի երկրաջերմաչափերի արտահայտում են տարբեր ջերմաստիճաններ: Ամենաբարձր բյուրեղացման ջերմաստիճանը բնորոշ է վերին նեոպլեյստոցեն-հոլոցենի հասակի Ol-Cpx գույզին (1200°C), իսկ ամենացածրը՝ ստորին պլիոցենի Pl-Am գույզին (մինչև 780°C): Մուգ գույնի

միներայներում նկատվում է ուղիղ կապ ջերմաստիճանների և մագնեզիումականության միջև: Ուսումնասիրված պարագենեզիսների բյուրեղացումը ընթացել է ցածր (~ 5կբար) ճնշման պայմաններում:

7. Գեղամա բարձրավանդակի հրաբխային սերիաների երկրաքիմիական ուսումնասիրությունների արդյուքում կարելի է ենթադրել մագմաարտադրման մեկ աղբյուրի գոյության մասին: Դոլերիտային տրախիբազալտների երկրաքիմիական առանձնահատկությունների որոշակի տարբերությունները, հավանաբար, պայմանավորված են ճեղքային ստրուկտուրաներից մագմայի արագ բարձրացմամբ՝ առանց էական կոնտամինացիայի և թույլ արտահայտված դիֆերենցացիայի երևույթների: Արեալ ժայթքումների տրախիբազալտ-տրախիանդեզիտային սերիաները դիֆերենցացված են ավելի առաջընթաց և հարստացած են կեղևային նյութի ազդեցությամբ:

8. Հայաստանի տարածքի և, մասնավորապես, Գեղամա բարձրավանդակի սահմաններում ուշ կոլիզիոն հրաբխականության մեկնաբանման համար օգտագործվել է Արևելյան Անատոլիայի նմանատիպ հրաբխականության երկրադինամիկական մոդելի տարբերակը՝ սալի ճկում և պոկում: Այս մոդելը բացատրում է Արևելյան Անատոլիայում հարավ-հյուսիս ուղղությամբ քիմիական կազմերի փոփոխությունները: Հրաբխականության բնույթի փոփոխման նման օրինաչափություն՝ կրա-ալկալայինից (Արագած) ալկալային (Սյունիք, Կապան) նկատվում է նաև Հայաստանի տարածքում: Այս պարագայում Գեղամա բարձրավանդակի սուբալկալային առաջացումները և նրանց բնորոշ ներսալային ու սուբդուկցիոն հատկանիշների զուգակցումը կարող է պայմանավորված լինել բարձրավանդակի միջանկյալ դիրքով:



1961