

АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР
Геологический институт им. А. И. Джанелидзе

На правах рукописи
Для служебного пользования

Вкв. № 93

МЕЛИКСЕТИЯН Борис Манукович

УДК 551(21+24+83):552(11+31)

- ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И РУДОНОСНОСТЬ
ПАЛЕОГЕН-НЕОГЕНОВЫХ ВУЛКАНО-ИНТРУЗИВНЫХ
ФОРМАЦИЙ МАЛОГО КАВКАЗА (МАГМАТИЗМ ЗОН КОЛЛИЗИИ)

Специальность 04.00.08. - петрография и вулканология

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Тбилиси - 1989

Работа выполнена в Институте геологических наук Академии наук Армянской ССР.

Официальные оппоненты

Член-корреспондент АН СССР, доктор геолого-минералогических наук МАРАКУШЕВ А.А.

Доктор геолого-минералогических наук БОРСУК А.М.

Доктор геолого-минералогических наук ЛОРДЖИАНИДЗЕ М.Б.

Ведущее предприятие ПО "Армгеология"

Защита состоится 1989 года, на заседании специализированного Совета Д.007.15.01 при Геологическом институте им.А.И.Джанелидзе АН СССР по адресу: 380093, Тбилиси, ул.З.Рухадзе I, корпус 9.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Геологического института им.А.И.Джанелидзе АН Грузинской ССР.

Автореферат разослан

1989 г.

Ученый секретарь специализированного Совета, кандидат геолого-минералогических наук

М. Кекалия

Кекалия М.А.

Работа посвящена проблеме петрогенезиса и металлоносности палеоген-неогеновых гетерогенных габбро-гранитоидных, габбро-монзонит-сиенитовых и щелочных серий Складчатой зоны Армении и их эволюции во времени и в пространстве. Изученные внутриконтинентальные вулкано-интрузивные (коллизийные) пояса с комплексами линейного и кольцевого типа - индикаторы своеобразного геодинамического режима. Они формировались в результате сложных физико-химических процессов и являются важным источником информации о составе и путях эволюции глубинных уровней земной коры и верхней мантии.

Постановка проблемы и актуальность исследования. Изучение закономерностей развития магнетизма, метаморфизма и металлогении различных геодинамических обстановок является важнейшим аспектом современных петрологических исследований. Вопросы эволюции интрузивного магнетизма и рудоносности зон континентальной коллизии типа Малокавказского сегмента Альпийско-Гималайского складчатого пояса оставались до последнего времени менее разработанными, чем вопросы, связанные с магнетизмом таких геодинамических обстановок, как активные окраины континентов, островные дуги, рифтовые зоны океанов и континентов. Между тем, изучение особенностей эндогенных процессов в орогенических областях - зонах столкновения главных литосферных плит благодаря разнообразию возникающих тектонических режимов (сжатия, растяжения, сдвиговых деформаций) дает информацию о своеобразных глубинных процессах взаимодействия в системе мантия-кора. Названные зоны характеризуются длительной и интенсивной тектоно-магнетической активностью и отличаются исключительным разнообразием петро-геохимических типов вулканических и интрузивных пород (известково-щелочные, высококальциевые субщелочные и щелочные *K* и *K-Na* серии). Актуальность разработанной проблемы определяется также тем, что исследование геохимии, изотопного состава, флюидного режима и петрогенезиса вулкано-интрузивных серий Альпийско-Гималайского пояса проливает свет на их металлогеническую роль. В этом плане складчатая зона Малого Кавказа с ее крупными медно-молибден-порфировыми, а также золото-полиметаллическими и редкометалльными месторождениями является уникальным объектом.

Цели и основные задачи исследования. Главная цель работы - на основании детальных петрографических, минералогических, геохи-

мических и изотопных исследований выявить информативные параметры, позволяющие надежно интерпретировать экспериментальные данные и разработать петролого-геохимическую модель известково-щелочного, субщелочного и щелочного магматизма складчато-глыбовой области Малого Кавказа. Задачи исследований: 1) установить закономерности петролого-геохимической эволюции, латеральной и вертикальной зональности внутриконтинентальных (коллизийных) вулканоплутонических поясов Средиземноморского типа; 2) провести формационное расчленение габбро-гранитоидного магматизма, связанного с вулканизмом на основе общего уровня кремнекислотности и типа щелочности (калиевоности); 3) установить природу сопряженности между базитовыми и мелано-лейкогранитоидными породными группами внутри гетерогенных ассоциаций; 4) выявить петрогенетическую информативность и природу глубинных меланократовых включений, их индикаторную роль для выяснения P-T условий зарождения, термического и флюидного режима магмогенерации и состава субстратов; 5) установить различия минералогической, геохимической, изотопной и флюидной эволюции латеральных и возрастных рядов магматических формаций зон сжатия и растяжения; 6) выявить минералого-геохимические и изотопные неоднородности магмогенерирующих субстратов, выявить возможные источники калия, литофильных, радиоактивных и рудных элементов и провести петрогеохимическую типизацию базитов и гранитоидов; 7) выявить природу металлогенической специализации, оценить потенциальную и реальную рудоносность и установить петрологические, минералогические, геохимические флюидные и изотопные критерии рудоносности гранитоидов для целей металлогенического прогнозирования.

Фактический материал и методика исследований. Основу диссертации составляют результаты более чем 30-летних (1956-1988) систематических петрографических и минералого-геохимических исследований палеоген-неогеновых интрузивных комплексов Складчатой зоны Армении. Исследования проводились автором в соответствии с темпланами ИГиН АН АрмССР: 3.1.4.5. - "Магматические формации и их металлогения" (1970-1975); 3.2.1.2. - "Магматические формации как индикаторы глубинного строения Земли и их металлогеническое значение" (1975-1980); 3.1.5.1. - "Эволюция магматических и метаморфических процессов в формировании литосферы Земли" (1981-1985).

Методика исследований включает: 1) разномасштабное геолого-петрографическое и структурное картирование в М 1:50000 и 1:200000; 2) петрографическое и петрохимическое изучение всех типов интрузив-

ных и жильно-магматических пород; 3) изучение химического, редкоземельного и изотопного состава интрузивных пород, комагматичных вулканитов; 4) детальное исследование химизма, состава элементов-примесей, изотопного состава породообразующих и аксессуарных минералов; 5) исследование состава флюидных компонентов и углеводородов (УВ), расплавленных включений; 6) применение математических методов обработки петро- и геохимической информации (статистический, корреляционный и факторный анализы). В процессе исследований детально изучены свыше 68 интрузивных массивов (площадь более 2600 кв. км), в том числе крупнейший на Малом Кавказе Метри-Ордубедский полиформационный плутон, Базумский, Панбекский, Тежсерский, Баргушатский интрузивные комплексы, а также эоценовые интрузивы Дорийского блока, Севанского офиолитового пояса, Цахкуняцкого выступа фундамента, Вайка и бассейна р. Гетик.

Объем лабораторных исследований: изучено более 6000 шлифов, обработано 800 проб, весом 10-12 кг, с выделением мономинеральных фракций, использовано 2495 силикатных химических анализов, из них 545 - авторских, выполнено 342 химических, 75 микрорадиовых, 365 рентгенометрических анализов минералов, 72 рентгеноспектральных, 50 нейтронно-активизационных анализов РЭА, 400 пламенно-фотометрических анализов на Li , Rb , Cs , Sr , Ba , 2800 анализов микроэлементов в породах и 720 в минералах (количественно-спектральным методом), 80 инструментально-активизационных и атомно-адсорбционных определений Nb , Ta , Zr , Th , Cr , Ni , Co , 1450 радиометрических анализов радиоэлементов, 118 К-Аг геохронологических определений, 216 определений изотопного состава свинца, 75 - стронция, в т.ч. в 15 аксессуарных и 3 породообразующих минералах, 20 определений T^0 гомогенизации расплавленных включений, 50 хроматографических анализов газового состава, 85 определений галогенидов, 320 - CO_2 , $C_{орг}$, 110 - воднорастворимых вытяжек и др. Аналитические исследования проводились на материалах автора ("Приложения", т. II) в лабораториях ИГН АН АрмССР, ИМГРЭ, ГЕОХИ АН СССР, СибГЕОХИ, ИГЕМ АН СССР, ИГ Кольского филиала, ИГТ СО АН СССР, КЭ, Бронницкой экспедиции Мингео СССР.

Научная новизна работы. На примере Малокавказского сегмента Средиземноморско-Гималайского подвижного пояса в настоящей работе впервые поставлена проблема эволюции кайнозойского интрузивного магнетизма в сложной геодинамической обстановке типа зон коллизии. В условиях сближения и столкновения АКО Евразийской плиты с ПКО

Афро-Аравийской и Индостанской плит вдоль активных границ микроплит Анатолийско-Армянно-Иранского мезоконтинента сопряженно проявлялись режимы преимущественного сжатия и растяжения. Вклад автора в разработку названной проблемы состоит в следующем: 1. На основе сравнительного петро-геохимического и изотопного анализа магматизма в полосе от Родоп до Гималаев рассмотрена динамика тектоно-магматического развития в течение длительного периода - от предколлизивной вулканодужной ($\rho_1 - \rho_1^a$) и собственно коллизивной орогенической ($\rho_2^a - \rho_3^1$) до заключительной поздне ($\rho_3^1 - \rho_3^2$) - и постколлизивной ($\rho_3^2 - \rho$) стадий. 2. Показана: а) неоднократность реверсации характерного для зрелых ОД и АКО известково-щелочного магматизма, б) быстрая смена его высококалийным шопонит-латитовым магматизмом, в) телескопирование в зонах растяжения толеитового, субщелочного и щелочного *K-Na* магматизма, в зонах сжатия - щелочного калиевого, г) связь бимодального внутримплицитового магматизма с процессами позднекайновоей глобальной тектоно-магматической активизации. 3. Установлены главные закономерности эволюции магматизма в геодинамических режимах сжатия (гомодромность, возрастание общей и калиевой щелочности и стронциево-изотопных отношений) и растяжения (ритмическая антидромность, понижение общей и калиевой щелочности и изотопно-стронциевых отношений). 4. Проведен формационный анализ интрузивного магматизма с выделением на основании петро-геохимических и минералогических критериев возрастных и латеральных рядов формаций. 5. Оценена потенциальная и реальная рудобосность гранитоидов и щелочных сиемитов различной формационной и генетической принадлежности. 6. Показано, что наиболее крупные *Cu-Mo* порфировые РМС системы связаны с поздними аномальными по изотопно-геохимическим параметрам гранитами зон растяжения и ТМА. 7. Рассмотрены принципы районирования и прогнозирования известных месторождений *Fe, Cu, Mo, Pb, Zn, Au-Ag-Sb* и новых типов *W* и редкометалльного оруденения относительно границ микроплит.

Основные защищаемые положения.

1. Геодинамическая обстановка коллизивного этапа ($K_2^{CNS} - \rho$) развития Мелокавказско-Южноармянского сегмента Альпийско-Гималайского пояса, обусловленная сближением и столкновением АКО Евразийской и ПКО Афро-Аравийской и Индостанской мегаплит, характеризуется тем, что на фоне интенсивного регионального сжатия развиваются зоны преимущественного растяжения, сопряженные со сдвиговыми дислокациями. Зоны сжатия и растяжения различаются условиями глубинного

петрогенезиса, латеральными и вертикальными рядами вулкано-интрузивных и собственно плутонических (базитовых, гранитоидных) серий, а также типами и масштабами рудных месторождений.

2. В северной субширотной Бааумо-Севанской зоне сжатия эволюция магматизма проявляет симметричный по отношению к осевой офиолитовой зоне линейный гомодромный тренд. В направлении на юг и на север происходит омоложение возраста, возрастание калиевоности, прямо коррелируемой с $Sr - Rb$ изотопными отношениями, что указывает на участие в петрогенезисе истощенного мантийного источника и влияние корового материала. Формации образуют ряд, индикаторный для АОК и арельных ОД: габбро-норит-перидотитовая (T_{Na}) → габбро-диоритовая (I_{Na}) → диорит-гранодиоритовая (I_{K-Na}) → монзонит-сиенит-граносиенитовая (C_K) → псевдоаецит-нефелинсиенитовая ($Ш_K$) → гранодиорит-гранит-порфировая (I_K).

3. В южной, Цахжун-Зангезурской субмеридиональной зоне эволюция магматизма проявляет в западно-широтном направлении от ограничивающих разломов "нестандартный" аномальный тренд. Происходит омоложение возраста, понижение калиевоности, обратно коррелируемой с $Sr - Rb$ изотопными отношениями, что указывает на участие в петрогенезисе гетерогенного, слабо деплетированного мантийного источника. Формации образуют ряд, индикаторный для областей ТМА и континентального рифтогенеза консолидированных структур: габбро-верлит-клинопироксенитовая (T_{Na-K}) → габбро-сиенитовая (C_{K-Na}) → монцодиорит-граносиенитовая (I_{K-Na}) → эссексит-нефелинсиенитовая ($Ш_{K-Na}$) → гранодиорит-гранит-порфировая (I_K) → гранит-лейкогранитная (C_K).

4. Развитие магматических систем в коллизионных складчатых областях определяется усилением взаимодействия мантийных магм с веществом коры в условиях возрастания флюидного давления. Это приводит к возмещению генетически разнородных интрузивных серий. Вулкано-интрузивные серии, связанные с ограниченным числом исходных коллектив, формируются при их равновесной кристаллизации в разноглубинных очагах высокого флюидного давления. Ранние плутонические габбро (барофобного и барофильного типа) с одной стороны и поздние автономные коллизионные граниты - с другой, связаны соответственно с глубинной кристаллизацией базальт-трибазальтовой первичной магмы и с коровым палингенезом под влиянием ивнильных (I тип) и корово-водных (З тип) флюидов.

5. Особенности коллизионного магматизма позволяют обосновать три модели магмогенерации: а) в зонах растяжения - плавление восходящих мантийных диспиров при различных $P_{обц}$; б) в зонах сжатия-

- взаимодействие базитовых расплавов с веществом коры; в) гранитизация ниже- и верхнекоровых субстратов под влиянием флюидов, отщепленных от базальтовых очагов и при дегидратации метасадочных пород. Показана приложимость трехстадийной модели петрогенезиса:

1) частичное плавление метасоматически переработанного мантийного клина и восходящих диапиров; 2) разноглубинная кристаллизационная дифференциация, сопряженная с флюидно-магматической, включая и жидкостное расщепление; 3) взаимодействие с базитовым и верхнекоровым субстратами и селективная ассимиляция.

6. Потенциальная и реальная рудоносность магматических серий зон сжатия и растяжения отражает связь изотопно-геохимических параметров и коэффициентов концентрации рудных и редких элементов в остаточных флюидпорфировых и пегматитовых системах с типом и вкладом источников (мантийных, мантийно-коровых и коровых), с процессами их метасоматического изменения, флюидной специализацией и с ликвационным расщеплением на регрессивных этапах развития магматизма.

Практическое значение работы. Выполненные исследования позволили разработать новую схему формационного и возрастного расчленения интрузивного магматизма складчато-глыбовой зоны Малого Кавказа и провести петролого-геохимическую типизацию гранитоидов с различной рудоносностью. Выяснены составы субстратов, P-T условия, P_{H_2O} , P_{O_2} глубинного петрогенезиса гранитоидов и щелочно-сиенитовых массивов с оценкой их потенциальной рудоносности (молибден, медь, золото, полиметаллы, редкие, радиоактивные, редкоземельные элементы). Установленные геохимические и изотопные аномалии наиболее продуктивных порфиридных гранитоидов в пределах выявленных магмо-рудоконтролирующих структур могут быть использованы при прогнозно-поисковых работах, а также при региональных структурно-формационных и металлогенических обобщениях. Петролого-геохимическая типизация интрузивных комплексов может иметь более общее значение и быть использована при анализе магматизма областей позднекайнозойской тектоно-магматической активизации в пределах юга СССР. Составленная впервые для Малого Кавказа петролого-геохимическая карта с трендами вариаций изотопных отношений стронция, свинца, калия, аргона представляет методический интерес. Особое значение выполненных регионально-петрологических исследований связывается с прогнозно-металлогеническим изучением территории Армянской ССР (КЭ Мингео СССР, ВИРГ, ИГЕМ АН СССР, КИМС, ИГН АН АрмССР и УГ АрмССР) и составлением карт магматических формаций и их радиогеохимической специа-

лизации в М 1:200.000 (1974, 1976, 1985 гг.). Совместно с геологосъемочной партией ГРЭ УГ АрмССР автором в 1983-1985 гг. составлен отчет и подготовлены к изданию геологические карты Зангезурского геолого-экономического района в М 1:50.000 (6 листов).

Апробация работы. Результаты проведенных исследований и основные положения диссертации докладывались на III, IV, V, VI, VII Всесоюзных петрографических совещаниях (Иркутск, 1963; Баку, 1969; Алма-Ата, 1976; Ленинград, 1981; Новосибирск, 1986); симпозиуме по вулканоплутоническим формациям (Алма-Ата, 1965); на международном симпозиуме по вулканологии (Канарские острова, 1968); на I, II, III региональных петрографических совещаниях (Тбилиси, 1966; Ужгород, 1974; Нахичеван, 1983); на семинарах по геохимии изверженных пород (Москва, 1975, 1978, 1987); на Всесоюзном совещании по магматизму складчатых областей и габбро-гранитоидным формациям (Новосибирск, 1981); на V и XI Генеральных конгрессах ММА (Англия, 1967; СССР, Новосибирск, 1978); на XXVIII Международном геологическом конгрессе (Москва, 1984); на VIII, IX Всесоюзных металлогенических совещаниях (Иркутск, 1973; Алма-Ата, 1983). Материалы работы докладывались также на научных конференциях и симпозиумах по аксессуарным минералам (ИМГРЭ, 1963, 1974, 1978, 1982, 1985); на VI Всесоюзном вулканологическом совещании (Тбилиси, 1980); на Всесоюзном симпозиуме по геохимии изотопов (Москва, 1986); на выездной сессии Петрокомитета АН СССР, посвященной 100-летию В.Н.Лодочникова (Ереван, 1987).

Обсуждение основных положений диссертационной работы проведено на геохимическом семинаре Института геохимии им.А.П.Виноградова СО АН СССР (Иркутск, 1986) и научном семинаре ИГи АН Грузинской ССР (Тбилиси, 1986).

Публикации. По теме диссертации опубликованы две авторские и шесть коллективных монографий, 105 научных статей (40 из них - одним автором), включая 37 тезисов на международных, всесоюзных, региональных совещаниях и симпозиумах. Кроме того, часть материала изложена в шести госбюджетных отчетах, в девяти коллективных отчетах по плену научно-тематических исследований и в четырех хозяйственных работах.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, девяти глав и заключения. Текст изложен на 318 страницах и сопровождается 118 таблицами и 132 иллюстрациями. Библиография содержит 635 наименований на 65 страницах. В томе I "Приложений" сведены карты, схемы, таблицы и диаграммы состав-свойства породообразующих минералов; томе II - обозначенные римскими цифрами таблицы аналитических данных

по химизму пород и минералов, распределению редких, рудных и редкоземельных элементов, изотопов стронция и свинца.

Работа выполнена в отделе петрологии ИГН АН АрмССР. Автор с глубокой признательностью называет имена академиков В.С.Соболева, Д.С.Коржинского, И.Г.Магакяна, С.С.Мкртчяна, А.Т.Аселяна, профессора В.С.Коптева-Дворникова, которые в течение ряда лет своими ценными советами и консультациями способствовали проведению и завершению исследования. Особую благодарность за творческие контакты и обсуждение автор приносит академикам А.А.Габриеляну, Л.В.Таусову, Г.А.Твапчрелидзе, члену-корр.АН АрмССР С.В.Григоряну, докторам геол.-мин.наук М.А.Фаворской, В.В.Ляковичу, Ф.И.Вольфсону, А.Ф.Белоусову, В.И.Коваленко, В.А.Баскиной, И.К.Волчанской, кандидату геол.-мин.наук А.С.Остроумовой. За постоянную поддержку и содействие автор благодарит руководителей производственных организаций Э.Х.Гуляна, А.Г.Тер-Абремяна и геологов ПО "Армгеология". Автор высоко ценит научные обсуждения и постоянную помощь со стороны коллег по ИГН АН АрмССР, сотрудников аналитических лабораторий, бюро оформления, библиотеки и других подразделений.

Глава I. ФОРМАЦИОННО-ФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВУЛКАНО-ИНТРУЗИВНЫХ АССОЦИАЦИЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ АРМЕНИИ; МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ И СЕРИИ

Характерная особенность Альпийско-Гималайского подвижного пояса - неравномерность развития в течение кайнозоя и совмещение в геологических структурах магматизма АКУ и зрелых ОД с внутримитным. Исключительно многообразно и широко развиты известково-щелочная, высококалиевая субщелочная и индикаторные для зон коллизии щелочная калиевая и кали-натриевая серии, проявленные в вулканической, субвулканической и особенно интрузивной фациях. В этой связи магматические образования Складчатой зоны Армении и Альпийско-Гималайского пояса в целом (Родопы-Афганистан) характеризовались на основе формационного и сериального подходов, потребовавших детальных минералогических, геохимических и изотопных исследований на двух уровнях.

I. На уровне выделения конкретных (магматический комплекс) и региональных (совокупность комплексов) магматических формаций в основном по геолого-петрографическим признакам естественных ассоциаций, возникших в узком временном интервале в пределах отдельных структурно-формационных зон и этапов тектоно-магматической эволю-

ции единой геоструктуры. Главные типы вулканических и интрузивных формаций выделены на основании вещественно-тектонических принципов, в разработке которых большую роль сыграла советская петрографическая школа (Афанасьев Г.Д., 1958; Кузнецов Ю.А., 1967; Устинов Е.К., 1968; Фаворская М.А., 1974; коллектив ВСЕГЕИ, 1979; Добрецов Л.Н., 1981; Изох Э.П., 1979; Борсук А.М., 1978; 1979, 1986; Зарядзе Г.М., 1970; Ферштатер Г.Б., 1984 и др.). При выделении формаций наиболее общими и обязательными признаками соответственно признавались: а) пространственная; б) возрастная; в) петрогенетическая сопряженность в пределах единых очаговых структур (эреалов) и отдельных структурно-формационных зон. Выделялись также парагенезисы более крупного ранга - ряды, серии (латеральные, возрастные, вертикальные), которые рассматривались как индикаторы эндогенного режима и процессов глубинного петрогенезиса.

2. На уровне анализа вещественного состава дискретных породных групп, их ассоциаций, образующих серии магматических пород (комплексов, формаций или композиций по А.Ф.Белоусову, 1978, 1986) путем изучения фазово-минеральной, петрохимической, геохимической, изотопной структуры.

Магматические серии представляют собой обобщенные, генетически взаимосвязанные совокупности эффузивных, субвулканических и интрузивных формаций, близких по времени образования, характеризующихся последовательными рядами пород (от основных к кислым), аппроксимируемых единством физико-химических процессов дифференциации, общими минералогическими и изотопно-геохимическими параметрами, и формирующихся в сходных геодинамических обстановках.

За основу идентификации магматических серий принята основанная на системном анализе по специальной программе для ЭВМ методика, предложенная авторами многотомной монографии "Магматические горные породы" (Богатиков О.А., Коваленко В.И., Цветков А.А., Шарков Е.В., Ярмолюк В.В., 1987₁, 1987₂). Выделяются следующие серии: толеитовая (T_{Na} , T_{Na-K}), известково-щелочная ($И_{K-Na}$, $И_K$), субщелочная калиевая ($С_K$), субщелочная калиево-натриевая ($С_{K-Na}$), щелочная калиевая ($Ш_K$) и калиево-натриевая ($Ш_{K-Na}$). При анализе вулкано-интрузивного магматизма, в соответствии с общими закономерностями эволюции фанерозойских складчатых областей нами вслед за рядом авторов прослеживаются ряды региональных магматических формаций, отражающие этапы и стадии развития складчатых областей энциметического и энсиалического типов, совмещенных в структуре складчато-глыбовой зоны Армении соответственно в Базумо-Севанской (J_1, K_1

ОД-южная окраина Закавказского массива) и Цахкунк-Зангезурской (северная активизированная окраина Армяно-Иранского мезоконтинента) структурно-формационных зонах (таблица I.I.).

Анализ геохимической специфики вулканических и плутонических образований позволил выделить "геохимические типы" мегметитов (базитов, гранитоидов и щелочных пород) в соответствии с классификацией Л.В.Таусона (1977, 1987). В работе при анализе вулкано-интрузивных серий широко использованы: 1) минералогические критерии - вариации химизма и редкоземельного состава породообразующих и аксессуарных минералов всех типов пород и ксенолитов для оценки Р-Т, ρ_{H_2O} и fO_2 параметров в интервале температур ликвидус-солидус и реконструкции геодинамического режима; 2) геохимические критерии - распределение индикаторных групп элементов: калиевой группы (Rb, Cs, Ba, Sr), редкоземельных (TR), радиоактивных (U, Th, Ra, Pb), высокозарядных ($Ti, Zr; Nb, Ta, Y, Hf$), когерентных (Ni, Co, Cr, V, Sc), халькофильных (Cu, Zn, Mo, Ag), фторфильных (Li, Be, W, Sn) элементов и летучих (Cl, F, S, C, B, P) в вулканических и интрузивных породах серий как индикаторов относительной роли и степени плавления мантийного субстрата, фракционной и флюидно-магматической дифференциации и коровой контаминации, типизации исходных базитовых и гранитоидных магм по геодинамическим условиям и потенциальной рудоносности; 3) изотопные отношения радиогенных ($Sn-Pb$) и нерадиогенных (O, S) элементов использовались как индикаторы условий петрогенезиса, состава и неоднородности магмообразующих субстратов, источников рудного вещества.

Глава 2. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО СЕГМЕНТА АЛЬПИЙСКОГО СКЛАДЧАТОГО КОМПЛЕКСА

В этой главе на основании современных геолого-геофизических данных (Милановский Е.Е., Хаин В.Е., Чалаян А.Т., Габриелян А.А., Адамян Ш.А., Гамкрелидзе И.П., Шихалибеги Э.Ш., Твалчрелидзе Г.А., Баранов Г.И. и др.) рассматриваются геологическое строение и тектоно-магматическое развитие центрального Тавро-Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского складчатого пояса. Латеральная зональность выражена обособлением с севера на юг: 1. Валахско-Смифской и Туранской молодых платформ-плит; 2. Складчатой системы Б.Кавказа, являющейся в различные этапы ПКО или АКО Евразийской плиты;

3. Черноморско-Южнокаспийской зоны межгорных прогибов и субокеанических глубоководных впадин; 4. Понтийско-Малокавказско-Эльбурской складчатой системы - ансиалической ОД; 5. Эрзинджан-Севан-Эльбурской офиолитовой сутурой - северной ветвью Тетиса; 6. Анатолийско-Армянно-Иранским центральным поясом, представляющим мозаику микроплит с границами которых связаны КЗ вулканоплутонические дуги; 7. Тавро-Загросской складчато-покровной системой - северным краем Афро-Аравийской плиты, переработанной альпийским тектогенезом. Таким образом, выделяются три линейно-складчато-блоковые системы с разделяющими их срединными массивами и межгорными впадинами, а также зоны краевых прогибов (Предмалокавказский и Месопотамский), отделяющие подвижной пояс от мегаплит.

Независимо от исходной позиции (фиксистской или мобилистской) всеми исследователями признается, что эволюция Альпийско-Гималайского пояса и его отдельных сегментов определялась взаимодействием и столкновением Евразийской, Афро-Аравийской и Индостанской плит. В позднем кайнозое именно коллизионная геодинамика и интенсивное тангенциальное сжатие, глубинный подвиг Закавказского массива под Б.Кавказ и Анатолийско-Армянско-Иранского массива под Закавказский сформировали современную структуру Тавро-Кавказского сегмента, его чешуйчато-покровное строение, наличие двух главных направлений дизъюнктивных дислокаций (субширотного взбросо-надвигового и поперечного сдвиго-раздвигового), тектоническую расслоенность литосферы и процессы ТМА.

В разные годы были предложены плейттектонические реконструкции АП и его отдельных сегментов (Дьюи Дж., Маккензи Д., Адамия Ш.А., Гамкредидзе И.П., Лордкипанидзе М.Б., Хаин В.Е., Карякин Ю.В., Зоненшайн Л.П. и др.). Наиболее полная и поздняя кинематическая модель Тетиса разработана в советско-французской монографии (*Dercovert J., La Pichon, Ricci L., Зоненшайн Л.П., Книппер А.А. и др.*; "История океана Тетис", 1986), в которой эволюция палеоген-неогеновых (42-15 млн. лет) вулканоплутонических поясов Евразийской АКО связывается даже на коллизионном этапе с двумя северо-направленными зонами субдукции. Анализируя роль ССЗ зон сжатия и субмеридиональных зон растяжения, связанных с сдвиговыми деформациями с субширотной доминантой, следует подчеркнуть и феномен внутриплитного базальтового мегматизма, сопутствующего коллизии и выделяемого в виде глобального пояса ТМА (Шарков Е.В. и др.).

Рассмотрение в структуре АП положения Малого Кавказа (Паффен-

голец К.Н., Леонтьев Л.Н., Хаин В.Е., Габриелиян А.А., Асаянц А.Т., Шихалибеян Э.Ш., Магакьян И.Г., Мкртчян С.С., Милановский Е.Е., Панцудая В.В., Сахатов В.Э., Твичрелидзе Г.А. и др.) показывает, что как складчато-глыбовое внутриконтинентальное сооружение он состоит из разнотипных по фундаменту и предыстории развития структурных единиц, совмещенных в современной структуре пояса лишь в неотектонический этап. Принципиальная схема тектонического и металлогенического районирования Малого Кавказа: 1. Аджаро-Триалетская зона - мел-палеогеновый рифт, завершивший свое развитие по типу вторичной геосинклинали; 2. Сомхето-Карабахско-Кафанская зона - вторичная геосинклиналь, представляющая собой висячие (с герцинским фундаментом) вулканическую островную дугу, заложенную в юре на южной периферии Закавказского срединного массива; 3. Севано-Акеринская офиолитовая зона окраинноморского типа, испытавшая сложное тектоническое развитие в мезозое и кайнозое; 4. Северная окраина Армяно-Иранского массива (Южно-Армянский блок - обломки Гондваны), испытавшая позднекайнозойскую ТМА (Базум-Зангезурская или Складчатая зона Армении); 5. Приараксинская зона - стабильный блок Иранского массива с палеозойским платформенным чехлом. Складчатая зона Армении распадается на две подзоны - Севано-Ширакскую и Цахкунк-Зангезурскую. Она имеет гетерогенно-блоковое строение с интенсивно проявленной разрывной тектоникой, кольцевыми депрессионными и купольными структурами, блоковыми поднятиями (сжатие) и прогибами (растяжение).

Анализ магматизма, глубинного строения, палеомагнитных и тектонических данных показывает, что дугообразность М.Кавказа не является первичной, в обусловлена "вклиниванием" выступа Аравийской плиты в связи с раскрытием в $P_1 - P_2$ Красноморского рифта.

Глава 3. КАЙНОВОЙСКИЕ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ (КОЛЛИЗИОННЫЕ) ВУЛКАНО-ИНТРУЗИВНЫЕ ПОЯСА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АЛЬПИЙСКО-ГИМАЛАЙСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

В данной главе показано, что зоны континентальной коллизии представляют сложные геодинамические обстановки повышенной и длительной тектоно-магнетической активности. Специфика магматической эволюции в зонах коллизии некоторых современных обстановок, в частности Альпийско-Гималайского пояса и западного Средиземноморья (Innocenti F. e. a., Gill J., Зоненшайн Л.П. и др., Aubouin J., Коваленко В.И., Лордкипандзе М.Б., Pearce J.A. и др.) заключает-

ся в более широком развитии как на предшествующей, так и на коллизийной стадиях высококальциевых известково-щелочных, субщелочных, шононит-латитовых, а также специфических калиево-щелочных лейцитовых магматических серий, обогащенных RЭЭ, КИР-элементами и имеющих более высокие изотопные отношения.

Характерно также появление низкокальциевых толеитовых серий на предколлизийной стадии эволюции вулканических дуг и коровых плутонических гранитов ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0,710-0,740$) - на синколлизийной стадии. Все эти особенности магматизма указывают на участие в петрогенезисе исходных магм материала древней сиалической коры. Геодинамику зон коллизии осложняет наличие островных дуг, зон растяжения в связи с вращением микроплит, деформацией зон, субдукция и проявление толеитового, субщелочного $K-Na$ и щелочного K и $K-Na$ магматизма. Зоны растяжения на границах микроплит на всех стадиях коллизийного тектогенеза сопровождаются субщелочным $K-Na$ и щелочным магматизмом.

Рассматривается эволюция кайнозойского магматизма, приводятся возрастные и вертикальные ряды вулканических серий и их интрузивных аналогов, особенности коллизийных плутонических гранитов, проявления щелочно-базальтового магматизма внутриплитного типа в пределах выделенных поперечных сегментов Альпийско-Гималайского пояса: 1. Балкано-Динарского (Эгейская, Среднегорская зоны, Родопский массив); 2. Черноморско-Анатолийского (Северно-Понтийская зона, Западная, Центральная и Южная Анатолия); 3. Кавказского (Б.Кавказ, Аджаро-Триалетия; Малый Кавказ, Ю.Армянский мегаблок); 4. Иранского (Эльбурс-Биналуд; В.Центрально-Иранский массив; Сабзевар-Кухан, Урмия-Дохтар, Лутский массив); 5. Афгано-Пакистанского (Систан, Афганский массив); 6. Памяро-Пенджабского (Ц.Памир; Каракорум, Ладак, Гандиз, Гималаи). Рассматриваемые сегменты, представленные зонами взаимодействия микроплит при столкновении главных плит различаются историей развития, хронологической последовательностью вулканических, интрузивных серий, структурной позицией и петро-геохимическими параметрами (фиг. I). В работе на основании обобщения литературных данных рассматриваются возраст, химизм, геохимические (RЭЭ, КИР элементы) и изотопно-стронциевые отношения вулканических, интрузивных и коровых плутонических гранитов. Палеогеновый вулкано-интрузивный магматизм, охватывающий промежуток времени от 55 до 20 млн. лет (с пароксизмом 42-37 млн. лет), значительно оторван (на 25-30 и лишь на Лутском массиве - 15-20 млн. лет) от фазы мощного сжатия в конце среднего эоцена, которое при-

вело к формированию тектонического меланжа, покровно-надвиговой структуры и высокобарного глаукосланцевого метаморфизма (70-85 млн. лет) офиолитовых шовных зон. Причем вулcano-плутонические дуги (зоны), приуроченные к границам микроплит, как правило, размещены к северу от офиолитовых зон (часто и наложены на них), ассоциируясь с глубокоководными терригенно-флишевыми (Бургас-Черноморско-Аджаро-Триалетско-Мелокавказско-Талышско-Эльбурсский пояс) и мелко-водно-терригенными, преимущественно карбонатными образованиями (Анатолийско-Армянско-Ирано-Афганский пояс). Характерной особенностью магматической эволюции является многоимпульсивность (семь импульсов с паузой 4-5) и коррелируемость с кинематикой и скоростью конвергенции главных этапов развития рифтовых систем Индийского океана, Красного моря и Восточно-Африканско-Аравийского пояса. Данные многочисленных K-Ar определений вулканитов и интрузивных комплексов позволяют выделить следующие максимумы интенсивности магматизма: 1) палеоцен-нижнеэоценовый (55-46 млн. лет); 2) среднеэоценовый (45-41 млн. лет); 3) верхнеэоцен-нижнеолигоценовый (38-32 млн. лет); 4) верхнеолигоцен-нижнемиоценовый (25-20 млн. лет); 5) среднемиоцен-нижнеплиоценовый (15-11 млн. лет); 6) средне-верхнеплиоценовый (9-3 млн. лет); 7) верхнеплиоцен-плейстоценовый (3-0 млн. лет).

Петро-геохимические особенности магматических формаций и серий зон коллизии можно обобщить следующим образом. 1. В отличие от ОД и АКО характерен более выраженный калиевый тренд известково-щелочных серий и проявлены субщелочные, щелочные калиевые серии. 2. Средний состав вулcano-интрузивных серий близок к андезиту и обладает повышенной кремнекислотностью, железистостью, калиевостью, глиноземистостью, низкой титанистостью. 3. Характерны высокие концентрации коррелятивных с калием литофильных элементов (Rb, Cs, Sr, Ba), радиоэлементов, а также Ni, Zr, Yb . 4. Эволюционный ряд вулcano-интрузивных серий в зонах сжатия представлен $И_{на} - И_{к-на} + С_{к} \rightarrow Ш_{к}$, в зонах растяжения - $Т_{на-к} \rightarrow С_{к-на} \rightarrow Ш_{к-на}$ сериями. 5. Как в вулканических, так и интрузивных сериях в ходе эволюции магматизма с ростом K_2O возрастает сумма РЗЭ, а спектр распределения от близкого к хондритовому переходит к более крутому андезитовому при низкой и постоянной концентрации тяжелых РЗЭ. 6. В базальтах задуговых бассейнов ($Т_{на-к}, С_{к-на}, С_{к}$ серий) и базальт-андезитовых сериях зон растяжения $E_{п}$ -минимум отсутствует. 7. Для высококалиевых известково-щелочных $С_{к}, Ш_{к}$ серий характерны Eu -минимум, более высокие значения $^{87}Sr/^{86}Sr$ (ср. 0,7048 -

0,7052 при дисперсии 0,7037-0,7121). 7. В C_K и $Ш_K$ вулкано-интрузивных сериях с ростом H_2O и Sr происходит возрастание изотопно-стронциевых отношений. 8. В интрузивных аналогах по сравнению с вулканическими сериями в породах одинаковой кремнекислотности происходит сдвиг $^{87}Sr/^{86}Sr$ отношений. 9. Базальты коллизионных зон сжатия сходны с таковыми АКУ и зрелых дуг; базальты коллизионных зон растяжения обладают двойственной природой и относятся к типам, промежуточным между внутриплитными и АКУ. Указанные особенности магматической эволюции зон коллизии показывают, что мощная континентальная гранитно-метаморфическая кора с одной стороны оказывает контаминирующее влияние на мантийные (10-15% плавления) базальтовые магмы, с другой - плавится сама и дает большие объемы среднекислых магм и более поздних коровых коллизионных гранитов.

Глава 4. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПАЛЕОГЕНОВЫХ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Анализ закономерностей пространственно-временной эволюции вулкано-интрузивного магматизма Складчатой зоны Армении в полосе сочленения южной окраины Закавказского массива и северного выступа Армяно-Иранского мезоконтинента показывает, что относительно шовных офиолитовых сутур (субширотной Амасия-Севанской, СЗ-субмеридиональных Веди-Ордубадской и Зангезурской) образуются два сопряженных вулкано-плутонических пояса - северный Базумо-Севанский субширотный и южный Цахкунк-Зангезурский субмеридиональный. Они различаются геодинамическим режимом (соответственно преобладающего сжатия и растяжения), длительностью, интенсивностью магматизма, спецификой латеральной петро-геохимической и изотопной зональности и типами магматических формаций (серий). В предколлизионный этап в Севано-Ширакском и Араксианском прогибах образуются флишевая формация, в коллизионный - нижнемолассовая и позднемолаассовая формации. Ареалы "сосредоточенного" магматизма, как правило, контролируются зонами субмеридионального растяжения, а "распыленного" - субширотными сдвиговыми деформациями. По существу морфология магмоактивных зон определяется системой сопряженных разрывных нарушений, совпадающих с глубинной интерференционной инфраструктурой и перекрестным планом дислокаций.

Вулкано-плутонические линейные и кольцевые (очаговые) структуры являются характерными для орогенов коллизионного тектогенеза сочетанием, что обусловлено приуроченностью их к границам микроплит,

дифференциальными вертикальными движениями блоков коры, глубиной очагов в системе "вулкано-плутон" и приуроченностью к тройным структурным узлам. С другой стороны, магматогенные структуры (МГС), связанные с различными стадиями коллизионно-орогенного развития оказываются построенными по-разному в зонах сжатия (с менее глубоким фронтом магмогенеза) и в зонах растяжения (с более глубоким фронтом магмогенеза).

Глава 5. ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ БАЗУМО-СЕВАНСКОЙ ЗОНЫ

Вопросам геологического строения, тектоники, стратиграфии, магматизма и металлогении Базумо-Севанской (Севано-Ширакской, При-севанской) зоны посвящены работы: Габриеляна А.А., Асланяна А.Т., Саркисяна О.А., Арутюняна А.Р., Багдасаряна Г.В., Джрбевяна Р.Т., Садояна А.А., Мкртчяна К.А. и др.

Рассматриваемая зона протягивается на 300 км от Ширакского хребта до Кельбаджарской мульды и трактуется большинством исследователей как эпизеггосинклиналь. Она представляет собой обособившийся в палеоцен-нижнем эоцене, наложенный на тектонизированный офиолитовый шов прогиб в полосе сочленения ирско-неокомской ОД южной окраины Закавказского массива и северной окраины Южно-Армянского мегаблока. Унаследованный от мезозойской Севано-Анасийской офиолитовой зоны структурный план определяется поддвигом (субдукцией) Южно-Армянского мегаблока по линейamentу Спитак-Кировакан-Севан и осложнен серией СВ и субмеридиональных трансформных разломов. Комплекс пород надофиолитового чехла (граувакковая и известняковая формации K_2^{cn} - K_2^{st}) в кампане-маастрихте "запечатывается" карбонатным комплексом с офиолитокластитами - литологическим аналогом чехла Армянно-Иранской субплатформы (Карякин Ю.В., 1985). В центральной части грабен-синклинория прослеживается Базумское поднятие, разделяющее его на два прогиба - Лорийский и Памбакский (Арутюнян А.Р., 1976). Выше по разрезу трансгрессивно налегают флишево-терригенно-карбонатная (палеоцен-нижний эоцен) и флишеидная вулканогенно-осадочная (средний эоцен) свиты с прослоями риодацитовых пирокластических потоков в основании (Садоян А.А., 1988). Далее следуют мощные (2-2,5 км) лавово-пирокластические накопления андезитового состава. С интенсивной фазой сжатия в предверхнеэоценовое время связано возникновение линейной складчатости, формиро-

вание мигматит-гранитов и внедрение массивов наиболее распространенной диорит-гранодиоритовой формации. Последняя в верхнем эоцене-олигоцене сменяется шонит-латитовой и щелочной калиевой формациями. Главные импульсы магматизма приходятся на 46-47, 41-40, 38-39, 30-28, 22,5, 12,5 и 5,5 млн. лет. Основные узлы магматизма приурочены к субмеридиональному транскавказскому поднятию; с переходом к флангам активность магматизма ослабевает.

5.1. Габбро-диорит-тоналитовая формация (И_{ка}) представлена интрузивно-субвулканическими штоко- и дайкообразными телами (0,5-2 кв. км), трассирующими переходную зону от осевой энсиматической Севано-Амассийской полосы. Возраст их среднеэоценовый (45-50 млн. лет) и сближен с вулканогенной толщей; характер эволюции в зонах сжатия антидромный: риолитовые игнимбриты-габбро - габбро-диориты. Формация наследует структурный план офиолитового шва и во времени следует за глаукофеновым метаморфизмом (71-67 млн. лет). Петрогеохимические параметры - высокая натриевость, железистость, глиноземистость, низкие титанистость и концентрации сидерофильных, литофильных элементов, пониженные Rb/Sr , Sr/Ba и изотопно-стронциевые (0,70372) отношения указывают на близость к островодужным малоглубинным ассоциациям.

5.2. Гранит-мигматитовая формация представлена раннекинематическими гранит-мигматитами вальийского типа и сложена типичными синколлизийными высокоглиноземистыми гранитами ультраметаморфогенного генезиса. Гранит-мигматиты связаны переходами с Ди-Сил-Кор-Би гнейсами и вытянуты (?х1 км) вдоль крупного Кировакан-Севанского разлома. Характерно, что средний состав мигматитов ($K_2O+P_2O_5+K_2O$) близок к составу эвтектики $T = 650^{\circ}C$ при $P_{H_2O} = 0,5$ кбар и $P_{II} = 5-9$ кбар. Характерны высокие начальные отношения Rb/Sr (а.п.), $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7096), что наряду с минералого-геохимическими особенностями указывает на принадлежность к коровым гранитам типа "s".

5.3. Диорит-гранодиорит-гранитная формация (И_{к-ка}) представлена много- (1. Габбро; 2. Кв. диориты; 3. Гранодиориты; 4. Граниты) и одно-двухфазовыми массивами, отражающими последовательные дискретные фазы внедрения. Формирование интрузивов тесно связано с эволюцией среднеэоценовой андезит-базальт-андезит-риодацитовой И_{к-ка} серии "протяженного" типа (1:5:4) на предколлизийной (островодужной) стадии развития. Интрузивные комплексы (Базумский, Головинский, Тутхунский) размещены вдоль осевой полосы Базумо-Севанской зоны. В обрамляющих жестких блоках (Лорийский, Памбакский) массивы

данной формации представлены гранодиоритами и гранитами, более типичными для раннеорогенной формации (Вануш, Леджан, Ванадзор, Судаян, Севан). Они приурочены к Транскавказскому (Донско-Енгиджинскому) поперечному поднятию.

Характерно, что как в вулканической серии, так и в интрузивных аналогах темп обогащения железом более выражен на ранней стадии интрателлурической кристаллизации ($FeO/MgO > 1,7-3$), чем на последующих стадиях ($f = 63-77$), начиная с $SiO_2 = 53\%$. Отношение $K_2O/Na_2O = 0,41-0,78$ близко к формациям развитых островных дуг. Отмечается высокая известковистость и резкая зональность Пл ($N^2 = 60-26$), парагенезис $Plu_{30}^{2.5}$ и $Knu_{21}^{0.7}$ сменяется с возрастанием P_{H_2O} и fO_2 более железистым парагенезисом Амф и Би ($f =$ от 30-45 до 50-75). Одновременно отмечается сдвиг $Al^{IV} \rightarrow Al^W$. Характерны меланократовые включения типа автолитов, габброидов и метавулканитов. По индикаторным петро-геохимическим параметрам (1. Высокие $Ti/Rr, Rb/Sr (0,1-0,19)$; 2. Низкие $K/Rb (280-330), Nb/Y (0,3-0,5)$; 3. Распределение РЭЭ (100 - 140 г/т) андезитового типа с дефицитом $Eu (0,65-0,67)$; 4. Возрастание в процессе дифференциации $^{87}Sr/^{86}Sr (0,70365-0,70439), ^{208}Pb/^{207}Pb (1,20-1,22)$, прямо коррелируемых с ростом K_2O, SiO_2 и $6^{\sigma}10 (6-7,5\%)$ при снижении концентрации Sr в петрогенезисе указанной формации важную роль играла низкобарическая ($P_d < 15$ кбар) фракционная кристаллизация Кпи, Амф, Пл-Мт в условиях высокого $P_{H_2O} (2,5-3,8$ кбар), исходного андезито-базальтового расплава и взаимодействия с коровым материалом (амфиболитового типа).

5.4.1. Моноцит-сиенит-гранитовая формация (C_H) представлена известной в АОК и зрелых ОД шоннит-латитовой вулкано-интрузивной ассоциацией. Интрузивные аналоги ее формируются на раннеколлизивной стадии, когда интенсивное сжатие сменяется растяжением с заглублением очагов и активизацией глубинных разломов. Это моноцит-сиенит-граносиенитовые комплексы (Ахванадзорский, Цахкашатский, Гетикский), размещенные в блоках с мощной континентальной корой в тылу зон известково-щелочного магматизма, симметрично от оси (Памбак, Лори, Арегуни). Характерны протяженность по $SiO_2 (48-68\%)$, пониженная титанистость ($I-0,5\%$), преобладание в сумме щелочей ($6-10$, реже 12%) калия ($Na_2O/K_2O = 1,0-0,8$). Начальные членки характеризуются интенсивным ростом железистости пород ($f = 58-70\%$) и Кпи ($f = 29-35\%$) по толеитовому типу; с состава $52-53\% SiO_2$ темп возрастания железистости убывает ($f = 70-80\%$ в породах и $35-48\%$ - в Кпи). Отмечается быстрый рост $K_2O, P_2O_5, Rb, Cs, Sr, Ba$, обусловленный высоким

R_{H_2O} и эволюцией флюидной фазы в ходе дифференциации от щелочного типа к кислотному. Геохимические параметры близки к формациям континентальных окраин, в которых устанавливается прямая связь с мощностью коры при наличии коровых ксенолитов. Характерны: 1) низкие La/Yb , Nb/Y , Ba/La , K/Rb и высокие Sm/Nd , Rb/Sr (0,1-0,5) отношения; 2) дефицит Eu (0,5-0,9) при резком обогащении легкими РЗЭ; 3) непрерывное возрастание в ходе эволюции. $^{87}Sr/^{86}Sr$ (от 0,70307 в ранних К-базальтах до 0,7039-0,7050) и $^{206}Pb/^{204}Pb = 18,2$. Эти особенности позволяют принять модель контаминации исходных базальтовых магм при значительной роли глубинных щелочных флюидов и флюидно-магматической дифференциации.

5.4.2. Псевдолейцит-нефелинсиенитовая формация (Ш_к) представлена уникальным в пределах АПТ Тежсарским вулканоплутоническим кольцевым комплексом центрального типа и рядом небольших массивов (Бундук, Мармария, Дебаклу, Гарнасар), пространственно тяготеющих к верхнеэоценовой субщелочной вулканической серии. Размещение контролируется зоной сопряжения Анкаванского и поперечного Уляшикского разломов. Формация характеризуется высокой железистостью ($f = 70-80\%$, $FeO/MgO = 3-5$), ограниченным интервалом SiO_2 (50-60%) при сумме щелочей 7-13%, сильно вырезанным калиевым уклоном ($Na_2O/K_2O = 0,8-0,5$) и низкой титанистостью (0,7-0,3% TiO_2). Глубина очага по сходению кольцевых и конических структур определяется 5-6 км (более глубинного - 12-13 км). Этим обусловлены низкобарный характер парагенезиса минералов, неравновесные условия кристаллизации, зональность фемических и сапических фаз, распад $K-Na$ лейцита со структурой К-анальцима. Высокое содержание щелочей способствовало длительной сохранности летучей фазы в очаге. Наиболее магниезильный состав имеют Кпи ($f = 26\%$) и Би ($f = 24-29\%$) ранней генерации; более поздние генерации представлены Кпи с $f = 37-50\%$, керсутитом ($f = 41-45\%$) и гастингситом ($f = 51-73\%$). Характерна высокая марганцевистость темноцветных.

Геохимические индикаторы: 1) низкие концентрации Ni , Cr , Co в породах серии и в Кпи и Би; 2) высокие концентрации Rb (210-290, реже 360-800 г/т), Ca (5-20 г/т), Sr (900-2500 при $Ba/Sr < 1$); 3) высокие отношения Rb/Sr (0,20-0,5), Nb/Y , Rb/Zr , Th/U , низкие Ba/La , Ti/Zr , Ti/K ; 4) высокие концентрации РЗЭ при высоком содержании цериевой подгруппы и резком росте избытка Eu ($Eu/Eu > 1,2-1,6$); 5) значительные вариации $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,70307-0,70835), укладывающиеся в псевдоизохромы 300-500 млн. лет; 6) высокие $\delta^{18}O$ (9,35-11,05‰), ураногенных изотопов, согласующиеся В-свинцы (с возрастом 500 млн.

лет); 7) тренды эволюции на диаграммах $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - {}^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Rb}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - {}^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
 8) наличие ксенолитов корового типа свидетельствуют о коровой контаминации. Изотопные параметры в рядах трахиандезитобазальт-фонолит (0,70406-0,70833) и сиенит-псевдолейцитовый сиенит (0,70364 - 0,70618 до 0,70920) указывают на связь с шомонитовой магмой и процессами ее взаимодействия с силикатической корой по (Barberi F., 1974; Gupta A., Yazgi K., 1980). Это подтверждается и находками Кпи-Фл, Фл-Сан ксенолитов в вулканитовых брекчиях изученной серии, высокими T^0 кристаллизации Кпи (1350°C), Сан (1080°C), псевдолейцитовых Не-Кпи фаз (1100-1050°C), а также низкобарическим фракционированием Кпи-Ор, остаточных фаз Фл, Гр и Ti-Mt,

5.4.3. Граносиенит-гранитовая формация (С_К) следует во времени за псевдолейцит-нефелин-сиенитовой. Образует как крупные массивы (Марговит, Далидаг), так и штоки малых размеров (Фиолетово, Гелкенд, Байдак). Характерны порфиroidный облик, однородность состава, однофазность и "пассивность" внедрения. Формация отличается субщелочным химизмом ($K_2O/Na_2O > 1,2$), высокой глиноземистостью, коровым типом ксенолитов, высокой железистостью биотита и турмалина, наличием флюорита, анделузита, реликтового амфибола, высокими отношениями $K_2O/(K_2O + Or + Pl)$ (0,25), Rb/Sr (0,18-0,33), Th/U (4,5); Rb/Sr (0,7), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,70495-0,7050), содержанием TR (250-460) при дефиците Eu . Эти особенности характерны для петрогенезиса позднеколлизийных гранитов при палингенном плавлении корового субстрата под влиянием высокотемпературных шомонит-латитовых магм.

5.5. Гранит-гранодиорит-порфиroidная формация размещена в створе субширотного Дамир-Магаринского разлома и Сараландж-Каранглюхской системы субмеридиональных разломов внутри Цахкуняцкого выступа докембрийского фундамента. Характерна антидромная эволюция и близость возраста порфиroidных гранитов (30-33 млн. лет) к К-риодацитовой серии осевой части Севано-Ширакского прогиба (25 - 28 млн. лет).

С дайками гранит-гранодиорит-полюров пространственно тесно ассоциирует одноименное Анкеванское $Su-Mo$ месторождение. Формация отличается порфиroidным строением; вкрапленники плагиоклазов (15-20% An) и высокого ортоклаз-пертита (29-34% Ab) ассоциируют с амфиболом и биотитом двух генераций - высокой ($f = 42-54$) и низкой ($f = 35-22$) железистости. Характерны повышенные содержания литофильных, редкоземельных ($Eu/Eu^0 = 0,7$), радиоактивных ($Th/U = 3,5$) элементов и низкие первичные изотопно-стронциевые (0,70366-0,70392) отношения при высоком Rb/Sr (0,25-0,28), свойственные

позднеколлизийным гранитам типа "I", образовавшимся при $T = 800-820^{\circ}\text{C}$, $P_{н.д} = 4$ кбар на глубинах 15-18 км.

Основные выводы. Эволюция интрузивного магматизма Базумо-Севанской зоны преобладающего сжатия определяется: 1) антидромным характером на начальной стадии и отчетливо гомодромным - на поздней; 2) латеральной возрастной и петрохимической зональностью, симметричной относительно Севано-Амасийского офиолитового шва и "Габбро-кварцдиоритовой линии": в сторону южной окраины Закавказского массива - $T_{на} \rightarrow И_{к.на} \rightarrow C_{к}$ серии, в сторону северной окраины Армяно-Иранского мезоконтинента - $И_{на} \rightarrow C_{к} \rightarrow Ш_{к}$ серии; 3) тяготением зоны "сосредоточенного" магматизма к субмеридиональному поперечному поднятию (Докско-Егиджинскому), зоны "расширенного" магматизма - к субширотной полосе; 4) неоднократной генерацией кислых магм на всех стадиях коллизийного тектогенеза с закономерным возрастанием изотопно-стронциевых отношений во времени и по направлению к блокам зрелой континентальной коры Армяно-Иранского микроконтинента.

Глава 6. ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИЕ АССОЦИАЦИИ ЦАХКУНК-ЗАНГЕЗУРСКОЙ ЗОНЫ

Геологическое строение, история тектонического развития, блоковая разрывная тектоника, магматизм и металлогения Цахкунк-Зангезурской зоны освещены в работах Паффенгольца К.Н., Миртчян С.С., Габриеляна А.А., Магзякяна И.Г., Азизбекова Ш.А., Карамяна К.А., Тьяна Р.Н., Рустамова М.И., Меликсетян Б.М. и др.

В схемах тектонического районирования рассматриваемая зона или Южно-Армянский (Армяно-Нахичеванский) мегаблок по рифейскому возрасту консолидированного фундамента и субплатформенным фациям D_2-A - аналогом отложений шельфовой полосы Аравийской платформы представляет собой северную окраину Иранской плиты. Характерно мозаично-блоковое гетерогенное строение, обусловленное значительной ролью СВ и субмеридиональных и СВ-субширотных сдвиговых разломов. Зидогенный режим развития рассматривается в аспекте тектоно-магматической активизации (Меликсетян Б.М., Тьялчрелидзе Г.А., Сыхатов В.З.).

Северная и СВ граница мегаблока проводится по Зангезурской, а западная - по Веди-Ордубадской офиолитоним сутурам с фрагментами тектонизированной офиолитовой ассоциации (Сатян М.А., Успенская Е.Н. и др.). Дсорогенно-коллизийные отложения, приуроченные

к Араксинской зоне, представлены терригенно-карбонатной - $\rho_1 - \rho'_1$, флишевой карбонатно-терригенной ($\rho_2^a - \rho_2^b$) и нижнемолассовой ($\rho_3^a - \rho_3^b$) формациями, характерными для узких шельфов островных (континентальных) блоков (Садоян А.А.). Возраст вулканических и интрузивных серий, образующих крупные мультиплетные полихронные плутоны, обнаруживает максимумы, приходящиеся на 50-55, 40-42, 37-39, 28-32, 23-24, 15, 12 и 5 млн. лет.

6.1. Габбро-тоналит-гранитная формация (Т_{тн-к}) приурочена к нижнеэоценовой вулканогенной толще, Представлена пестрой гаммой пород от габбро-пироксенитов до диоритов, тоналитов, плагиогранитов, которые интенсивно метаморфизованы. Состоит из небольших удлиненных интрузивных тел вдоль Гиратахского и Ордубадского разломов, трассируемых фрагментами офиолитовых шовных зон. Характерны высокая железистость, фэннеровский тренд дифференциации, низкая калиевость, а также низкая железистость Кпи ($f = 39-41\%$), ассоциирующего с Пл₇₇₋₆₇ в габбро и Пл₅₂₋₆₀ в кв.диоритах, тоналитах, наличие Амф и Би высокой ($f = 50-54\%$) и низкой ($f = 33-35\%$) железистости, а также пониженные концентрации легких литофильных элементов ($Rb/Sr \approx 0,3-0,11$), хондритовый характер распределения РЗЭ и низкие $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,7037-0,70404$, оближающие их с сериями островодужного типа.

6.2. Плагиогранит-мигматитовая формация. Вдоль южного экзоконтакта Мегри-Ордубадского плутона в пределах метаморфизованной вулканогенно-осадочной толщи зпта и внутри самого плутона (Агарак и др.) фиксируется несколько небольших раннекинематических массивов гранито-гнейсов (Малевский, Эрнадзорский) с К-Аг и Rb·Sr возрастом 40,2-40,5 млн. лет. Петрографический состав варьирует от кварцевых диоритов до плагиогранитов и гранитов. Характерно: 1) наличие ксенолитов метаморфизованных вулкаников; 2) гнейсовидность; 3) полигенетичность породообразующих минералов, присутствие решетчатого микроклина, железистых ($f = 60\%$) амфибола и биотита, реже мусковита, граната, андалузита. По высоким Rb/Sr (0,35-0,5), $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7059-0,7155) и низким K/Rb , $^{87}Sr/^{86}Sr$ отношениям формация относится к "S" типу синколлизонных гранитов, образовавшихся при анатексисе вулканогенно-осадочного субстрата.

6.3. Габбро(монзонит)-сиенитовая формация (С_{к-на}). По глубине формирования и парагенезису пород выделяются верлит-троктолит-пироксенит-габбро-анортозит-монзонит-сиенитовый и оливинит-пироксенит-габбро-анортозит-эссексит-нефелинсиенитовый комплексы. Общая

площадь распространения формации - 300 кв. км. По $K-Ar$ и $Rb-Sr$ определениям возраст ее предверхнеэоценовый (42-39 млн. лет). Детальные геолого-петрологические исследования позволили показать многофазность формирования (1. Габбро-верлиты; 2. Монцитоны; 3. Сиениты; 4. Щелочные и Не сиениты), небольшие размеры массивов (50-95 кв. км), кольцеобразное строение - габброидное ядро, переходная габбро-сиенитовая и периферическая сиенитовая зоны с первичной полосчатостью. Характерны: 1) связь с контрастно-дифференцированной вулканической серией ($45, 60\% SiO_2$); 2) резкий темп обогащения железом по мере роста SiO_2 на ранних стадиях и замедление - на поздних; 3) феррогабброидный тренд с рудными куммулятивными ультрамафитами; 4) возрастание титанистости (1, 3-0, 5% TiO_2 до 1, 6-2, 5 в куммулятах); 5) преобладание натрия в сумме щелочей (5-10%, $Na/K = 1, 3-2, 6$). Минеральным парагенезисам высокот^о стадии кристаллизации свойственны высокомагнезиальный характер - Ол ($f = 20-21\%$), Опи ($f = 16-18\%$), Кпи ($f = 23-28\%$), повышенное содержание Аб в Пл-П и Ш генераций и в Кпш. Кпи - высокотитанистые ($Al \rightarrow 27$) с резким сдвигом $Al^{IV} \rightarrow Al^{VI}$ и высоким содержанием жадеитового минала (до 7; эгирин-авгита в щелочных сиенитах). Широко проявлены реакционные взаимоотношения минералов (Кпи \rightarrow Амф, Би \rightarrow Амф, Би-Мт \rightarrow Пл, Не-Кс \rightarrow Би), контраст в составах темноцветных: Ол ($f = 51\%$), Кпи ($f = 36-46\%$), Амф ($f = 36-56\%$), Би ($f = 39-44\%$). Резко выражены процессы К-метасоматоза по ранним габброидам (Ор-Би, Ол-Би габбро, монцогаббро). Отмечается мелано-лейкократовый характер расщепления габброидного и монцитонитового комплексов. Рост флюидного давления, fO_2 и щелочности на поздних этапах, высокие концентрации CO_2 , P_2O_5 , B , F , Cl в интрузивных камерах определяют флюидно-магматический тип дифференциации, что подтверждается и наличием связанной с Не сиенитами пегматитовой фазы, представленной расщепленными калиевым ($K-Si$) и натриевым ($Na-Al$) составами. Геохимические индикаторы: 1) рост отношений K/Ti , K/Rb , Nb/Y , La/Yb , Th/U , 2) умеренные (100-400 г/т) концентрации Σ РЗЭ при резком обогащении легкими и Eu -минимум (0, 08); 3) низкие стабильные отношения Rb/Sr (0, 08-0, 11); 4) высокое содержание реликтовой части восстановительных флюидов, низкие значения H_2/CO , H_2/CO_2 узкие пределы вариаций $^{206}Pb/^{204}Pb$ (18, 00-17, 66) и $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0, 7044-0, 7048) в габбро до 0, 70665-0, 7085 в Не сиенитах; 6) ковариации $Sm/Nd - ^{87}Sr/^{86}Sr$ и $^{87}Sr/^{86}Sr - ^{206}Pb/^{204}Pb$, находящихся в поле мантийной корреляции указывают на связь формации с глубинными частями

ми верхней мантии, декомпрессионным плавлением диапиров с интенсивным флюидным подтоком из участков неистощенной мантии.

6.4. Монцодиорит-гранодиорит-граносиенитовая формация (Иж-Ал).

Эта формация имеет более значительное распространение и занимает обширные площади (около 600 кв.км) в Могринском, Баргушатском и Вайкском блоках, а также южнее, в Иране (Карадаг, Аар). Характерная последовательность формирования: 1) габбро, габбро-диориты; 2) кв.монцодиориты; 3) гранодиориты; 4) лейкограниты, граносиениты. Обычны кольцевые комплексы, причем внешнее кольцо представлено габбро, габбро-диоритами, промежуточная зона - кварцевыми монцодиоритами, переходящими в гранодиориты, а внутренняя - граносиенитами и субщелочными гранитами. Характерен сдвиг составов в кремнекислую область ($SiO_2 = 49-70\%$). Обогащение железом происходит на ранних стадиях эволюции ($FeO^*/MgO = 1,7-3$), в дальнейшем (от $53\% SiO_2$) оно выражено незначительно при непрерывном росте щелочности. Повышенная известковистость плагиоклаза и магnezизальность минералов (Опи, Кпи) ранней интрателлурической стадии кристаллизации связаны с повышением R_{H_2O} и f_{O_2} . На поздних стадиях появляются более железистые "водные" парагенезисы (Амф, Би с f от 30-45 до 50-75%, Кпи с $f = 35-48\%$). Одновременно отмечается рост титанистости, сдвиг $Al^{IV} \rightarrow Al^{VI}$ в Кпи и Амф и повышение глинозёмистости Би. Характерные геохимические индикаторы: 1) повышенные содержания TR , Sr , Ba , Ni , Cr (в том числе в Кпи, Амф, Би, Мт); 2) слабо выраженный Eu -дефицит (0,8-0,95), повышенные La/Yb (15-45), Ti/Zr , Nb/Y 3) значительные вариации $^{206}Pb/^{207}Pb$ (1,22-1,24) и $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7039-0,70755) при низком уровне Rb/Sr (0,08-0,13) указывают на мелзкокреповый состав взаимодействующего с магматическими выплесками нижнекорового субстрата.

6.5. Фосфосиенит-нефелинсиеитовая формация (Шк-Ал) является на-

более поздней. Вулканические эквиваленты щелочной кали-натриевой формации образуют неики и эродированные вулканические аппараты (г.Камекар, р-н г.Пальчихлу). Комплекс молодых даек представлен личфильдитами, камптонитами, мончикитами. Интрузивы и дайки данной формации трассируют высокоградиентную субмеридиональную зону растяжения. Минеральные парагенезисы пород формации представлены Ол-Кпи, Ам-Би, Пл и Ор с повышенной ролью альбита (31%), На и Кс, реже Анц. Вариации SiO_2 в пределах 46-59%, при сумме щелочей 9-10 до 14%, $Na_2O/K_2O = 1,5-0,8$, $K_{gr} = 0,55-0,70$ и росте железности от 66 до 86%. Ол отличается более высокой железностью ($f = 49\%$).

Кпи ($f = 27-34\%$) характеризуется сдвигом Al^{VI} (0,04-0,1), высокой титанистостью, сравнительно низким содержанием жадеитового минала. Амф и Би близки к составам высокобарного типа и в ходе эволюции обогащаются $Fe-Ti$, натрием. Геохимические параметры по сравнению с субщелочной $K-Na$ серией характеризуются: 1) более высокими концентрациями легких РЗЭ (450 г/т), высоким La/Yb (36-40), низким содержанием тяжелых лантаноидов со слабым Eu -минимумом; 2) высокими концентрациями Rb , Sr , Ba при $Ba/Sr > 0,2-0,3$; 3) низкими Th/U , Ti/Zr и высокими Nb/Y (1-1,2), Ba/La (5-50), слабыми вариациями $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7036-0,7044) и $^{206}Pb/^{204}Pb$; 5) Sm/Nd отношением, близким к полю мантийной корреляции. Формация не несет следов взаимодействия в коре, что отражает более глубокий уровень (8 кбар) накопления щелочей при значительной роли жадеитового барьера. В условиях сохранности флюидов и летучих (CO_2 , Cl , P_2O_5) происходит рост щелочности расплава, в случае их отделения отмечаются процессы щелочного метасоматоза - ийолитизации ультрамафитов и мафитов.

6.6. Гранодиорит-гранитная формация по возрастному положению (22-24 млн. лет), автономности проявления, многократности внедрения, антидромности эволюции и интенсивному проявлению дайкового порфирового комплекса нескольких генераций и высокой $Cu-Mo$ рудной продуктивности знаменует сводово-глыбовую позднеколлизийную стадию. В структурном отношении центры нижнемоценового гранит-порфирового магматизма приурочены к ареалам габбро-монзонит-сиенитовой и монцодиорит-граносиенитовой формаций, контролируясь системой ранее существовавших разломов и поперечными зонами сдвиговых деформаций.

Изученные более 10 штокообразных крупных и небольших (200 - 5 кв. км) интрузий порфировидных гранитоидов трассируют субмеридиональную зону разуплотнения с корневой зоной порядка 10-12 км. ($\Delta g - 30-40$ мгл). Последовательность внедрения: I фаза - кр/з граниты; II - слабопорфировидные гранодиориты; III порфировидные гранодиориты, монцограниты; IV - штоки резкопорфировидных гранодиоритов; V - дайки диорит-порфиритов, гранодиорит-гранит-порфиров. Характерны: 1) вариации $SiO_2 = 66-69\%$ при $Na_2O/K_2O = 0,95-1,05$; 2) низкая титанистость и умеренная глиноземистость; 3) две генерации амфиболов и биотитов: ранняя - высоко-низкоглиноземистый эденит ($f = 30-36\%$) и высокотитанистый биотит ($f = 34-37\%$) и поздняя - гастингситовая роговая обманка ($f = 42-52\%$) и низкотитанистый высокоглиноземистый биотит ($f = 44-46\%$); 5) высокие концентрации хлора в амфиболах

(0,27-0,46%) и фтора в биотитах (0,3-0,98%); 6) плагиоклазы ритмически-зональные с низким содержанием Or -минерала; 7) ортоклазы ряда $Or^П-Or^B-Ao^П$ с низким содержанием Ab -минерала (25%) и типичными для рапакиви каймами альбит-олигоклаза; 8) низкие значения Rb/Sr (0,09-0,12); Rb/Zr (0,9-1,0), постоянный дефицит Eu ($Eu^*/Eu = 0,7$), аномально высокие Ni , Cr , Pt ; 9) постоянно низкие значения $^{206}Pb/^{207}Pb$ (1,18), $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,70378-0,70408), обратно коррелируемые с SiO_2 и Sr и типичные для мантийных I тип гранитов; 10) условия кристаллизации ($T = 940-1000^\circ C$, $P_d = 4,5-5$ кбар, $P_{H_2O} = 3-4$ кбар, $-lg f_{O_2} = 17,2-17,5$). Эти параметры указывают, что процессы магмообразования происходили за счет нижнекоровых субстратов при их частичном плавлении под воздействием глубинных флюидов.

6.7. Лейкогранит-граносиенит-порфировая формация. Рассматриваемая формация характеризуется порфировой *W-Mo* грейзеновой минерализацией, отличается большей лейкократовостью, глиноземистостью, калиевой щелочностью, меньшей глубинностью и тяготением к ареалам монцодиорит-гранодиоритовой серии, хотя заметно оторвана от нее во времени (14,8-17,2 млн. лет). Интрузивы (1х0,5 км) с многочисленными дайками порфиров (р. Шахапонк-Мазмазак) приурочены к зоне пересечения Таштунского разлома с поперечными. Характерными особенностями породообразующих минералов являются: 1) высокое содержание марганца (1,36-0,57); 2) низкая железистость ($f = 33,7\%$), высокая титанистость биотита; 3) присутствие мусковита, турмалина, корунда, силлиманита, флюорита. По геохимическим параметрам: 1) высоким концентрациям Rb , Ba , Zr , Nb и Rb/Sr (0,38), Rb/Zr (1,3), низким K/Rb (218), Nb/Ta (2,7), а также Mo , Sn , W , высокому отношению $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,70702) формацию можно рассматривать как "IS" тип гранитов поздней коллизионной стадии.

Основные выводы по эволюции интрузивного магматизма Цахкунк-Зангезурской зоны преобладающего растяжения: 1. Эволюция магматизма происходит с ритмической антидромностью; 2. Характерен "нестандартный" аномальный тренд с формированием субщелочной *K-Na* серии на ранней стадии; 3. Латеральная зональность имеет однонаправленный характер (к западу) от "габбро-монцонит-сиенитовой линии"; 4. Размещение ареалов "соосредоточенного" интрузивного магматизма определяется субмеридиональной зоной разуплотнения в коре и верхней мантии; 5. Характерна смена $T_{Na-K} \rightarrow C_{K-Na} \rightarrow И_{K-Na} \rightarrow Ц_{K-Na}$ вулкано-интрузивных серий, отражающая разноглубинные условия подъема восходящих мантийных лапиров; 6. По мере уменьшения уровней

генерации гранитоидных магм изотопно-стронциевые отношения во времени возрастает.

Глава 7. ДАЙКОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ

В условиях коллизионного тектогенеза, особенно в поздне-пост-коллизионную стадию, возрастает глубинность зарождения магм и роль даек, сопровождающих ВИ серии, становится индикаторной. В данной главе рассмотрены возрастное расчленение даек, закономерности их размещения в зонах сжатия и растяжения, взаимоотношения с разновозрастными ВИ сериями, минералого-геохимическая и изотопная специфика. Проведенные исследования выявили следующие закономерности: 1. Дайки относятся к близко-одновозрастным образованиям изученных магматических серий (*Ик-на, Ск, Ск-на, Шк, Шк-на*) и укладываются в возрастные ряды 55-50, 44-40, 38-35, 27-30, 21-18 и 15-13 млн. лет. 2. Внутрикамерные дифференциаты остаточных флюидонасыщенных расплавленных расплавов (пегматиты, аплиты, лейко-микрограниты), связанные с поздними интрузивными фазами малых глубин *Ик-на, Ск, к-на, Шк, к-на* серий с повышенными концентрациями редких (*Be, Nb, Ta, Y, TR*) и рудных (*Cu-Mo, Pb-Zn-Au-Te, W-Mo-TR*) элементов, являются надежными индикаторами потенциальной рудоносности вмещающих интрузивных комплексов. 3. Дайки основного и среднего состава (диабазы, габбро-порфириты, диорит-порфириты) являются производными промежуточных вулканических очагов (*Тна-к, Ик-на*). 4. Дайки гранодиорит-гранит-порфиров, связанные с корневыми очагами поздних гранитоидов в *Сч-Мо*-порфировых системах, обогащены летучими, рудными элементами и их минералами и обнаруживают низкие изотопно-стронциевые отношения (0,7037-0,7045). 5. Лампрофиры нормального *Ик-на* (керсантиты, спессартиты), субщелочного S_K (минетты, вогезиты), щелочного калиевого (тефриты, банакиты, саяниты) рядов характеризуются близостью возраста, изотопно-геохимических параметров (0,7042 - 0,70454), сходным высокobarным парагенезисом вкрапленников (Амф, Би), свидетельствующими об их связи с заключительными стадиями эволюции соответствующих ВИ очагов. 6. Лампрофиры щелочно-основного высокомагнезильного *Ск-на, Шк-на* ряда (кемптониты, авгитовые минетты, мончикиты, эссекситы, щелочные базальтоиды) имеют возраст 27-32 млн. лет, отличаются высокobarным парагенезисом мегакристаллов (Кпи-Амф-Фл), мультиплетной геохимической специализацией (высокие концентрации *Cr, Ni, Rb, Sr, Ti* и летучих), высокими значениями изотопно-стронциевых отношений (0,7046-0,70544) и относятся к примитивным

ментийным выплавкам ($P_d \approx 30$ кбар) из метасоматически обогащенного субстрата.

Глава 8. МАГМООБРАЗОВАНИЕ И ПЕТРОГЕНЕЗИС В ЗОНАХ КОЛЛИЗИИ

8.1. Геодинамические аспекты и специфика тектоно-магматической эволюции

Общее направление сближения под некоторым углом Африкано-Аравийского и Евразийского континентов происходит в несколько последовательных фаз сжатия (от Апулей до Гималаев) - $K_2^{sn} - P_1, P_1 - P_2, P_3 - N_2$, что приводит как к вращению микролит, так и образованию участков утолщения и утонения коры, многочисленных горизонтальных разрывов на уровнях коры и ее границы с верхней мантией. На фоне тектонической расслоенности и деформаций литосферы возникают сопряженные со сдвигами разобщенные зоны преобладающего сжатия и растяжения, а также активизируются древние линейные элементы. Последние имеют преимущественно поперечное направление и вследствие декомпрессии могут служить путями поднятия аномальной мантии. Коллизионная тектоника создает своеобразные P-T условия для проявления термальных процессов, метаморфизма и корового гранитообразования.

8.2. Типоморфизм породообразующих и акцессорных минералов-индикаторов петрогенезиса

Вариации состава минералов, их парагенезисов и количественных соотношений отражают не только условия образования пород в ходе эволюции гетерогенных габбро-гранитоидных, габбро-сиенитовых и щелочно-сиенитовых комплексов (P-T параметры, химический потенциал щелочей, флюидный режим - P_{H_2O}, f_{O_2}), но и служат критериями петрогеохимической типизации интрузивных формаций, их серийной принадлежности, оценки рудной специализации и геодинамического режима формирования.

8.2.1. Эволюция состава породообразующих минералов и их парагенезисов. В качестве типоморфных признаков рассмотрены соотношения железистости феррических минералов и железистости пород (силкат+магнетит), тренды изоморфных замещений в Кпи, Амф и Би, содержания K_2O в Пл, Na_2O - в Кпи и структурное состояние полевых шпатов, содержания Ca и F в водосодержащих темноцветных, а также концентрации TR , когерентных (Cr, Cu, Co, Ni, Sc), некогерентных (Rb, Sr, Ba, Li) и редкоземельных элементов. I. Эволюция породообразующих минералов интрузивных формаций зон сжатия определяется авто-

номностью магмогенерирующих субстратов, возрастанием во времени контактирующей роли корового материала, дискретностью низкобарического фракционирования Мт и высоким ρ_{H_2O} , fO_2 ; тренды эволюции Кпи, Амф и Би близки к таковым АКО и ОД (Nisbet E.C., Pearce J.A., James P., White A., Bachinski Sh. e.a.). 2. В интрузивных формациях зон растяжения наследуются признаки единого мантийного субстрата, важную роль приобретают высокобарическое фракционирование Кпи, Амф (Би), рост щелочности, возрастание ρ_{CaO} , при более низком ρ_{H_2O} ; тренды эволюции Кпи, Амф и Би имеют сходство с таковыми внутриплитных и рифтогенных базальтовых серий. 3. В интрузивных аналогах дифференцированных ВИ серий устанавливаются реакционные соотношения минералов, обусловленные непрерывным перемещением фронта кристаллизации и процессами аккумуляции и сегрегации высокотемпературных фаз. 4. Минеральные парагенезисы ранних плутонических габброидов и поздних синколлизийных Би-Му гранитов характеризуются равновесностью.

8.2.2. Акцессорные минералы, их редкоземельный и изотопный состав. Проведенные исследования типоморфных (кристалломорфологических, рентгеноструктурных, геохимических и изотопных - Sr, Pb, O) особенностей акцессорных минералов (более 100) во всех главных типах интрузивных, дайковых (порфиров и лампрофиров) пород и пегматитов различных магматических серий позволили установить их индикаторную роль в решении вопросов петрогенезиса, флюидного режима и рудоносности (Меликсетян Б.М., 1971, 1982, 1985). От ранних основных к поздним гранитоидным членам в пределах Т_{на-к}, И_{к-на}, С_к и С_{к-на} серий и от последних к Ц_к и Ц_{к-на} сериям: 1) увеличивается видовое многообразие, количественное содержание редкометалльных, редкоземельных акцессориев и минералов с летучими компонентами; 2) уменьшается роль Fe-Ti-Ca ассоциаций, увеличивается - TR-Y-Nb-U-Th-P-F ассоциаций с одновременным возрастанием $\Sigma TR - Ce/Yb, Sm/Nd, ^{87}Sr/^{86}Sr$ в кальциевых, $^{206}Pb/^{204}Pb$ - уран-ториевых акцессориях и $^{67}D^{18}$ - в магнетитах. Плутонические коровые граниты (5 тип) от гранитоидов дифференцированных ВИ серий (I тип) отличаются повышенной ролью минералов Li, Zr, Sn, W, F, Al (Анд, Сил, Ди, Кор) при незначительной роли Fe-Ti-Ca акцессориев.

Выполненные впервые по ранне(анатит)- и поздне(сфен, ортит, флюорит) магматическим Са-акцессорным минералам определения отношений $^{87}Sr/^{86}Sr$ показывает приложимость трехстадийной модели эволюции магматизма и различия первичных значений исходных мантийных распла

вов (фиг. 3). Дискретно-линейный тренд эволюции VI серий Зангезурской зоны ($T_{Na-K} \rightarrow C_{K-Na} \rightarrow I_{K-Na}$) указывает на ее длительный (46-21 млн. лет) и закономерный расщепленный характер дифференциации при взаимодействии мантийных расплавов с нижнекоровым субстратом. Автономно-прерывистый тренд эволюции VI серий Базумо-Севанской зоны ($I_{K-Na} \rightarrow C_K \rightarrow \Sigma_K \rightarrow I_K$) на интервале 45-35 млн. лет указывает на различие источников исходных базальтовых магм и состава взаимодействующих с ними субстратов, включая и материал верхней коры.

В.3. Петрологическая и минералого-геохимическая характеристика включений и их петрогенетическое значение. Впервые выполненные химико-минералогические, геохимические и изотопно-стронциевые исследования включений (в т.ч. мегакристов) из вулкано-интрузивных многофазных серий, ранних плутонических габброидов и даек лампрофиров показывает принципиальную возможность использования некоторых из них для обсуждения вопросов петрогенезиса в зонах коллизии. По генетической принадлежности установлены: а) автолиты - родственные включения, представляющие продукты ранних этапов кристаллизации в интрузивных камерах (от габбро до гранита) и отвечающие по составу минералов и элементам-примесям сериальной принадлежности; б) глубинные включения (прото- и мегакристы), отличающиеся высокобарным парагенезисом с явлениями флюидно-метасоматического преобразования субстрата; в) ксенолиты офиолитовой ассоциации и коровых базит-гранулитового, амфиболитового и гранито-гнейсового субстратов. Устанавливается латеральная зональность по типам, химическому составу, степени барофильности минеральных парагенезисов включений.

В габбро-диорит-гранодиоритовой I_{K-Na} серии Севано-Базумской зоны ассоциация включений (ультрамафиты, анортозиты, горнблендиты, кортландиты, габбро-диориты) типична для фундамента островных дуг. При переходе к C_K серии происходит смена состава включений на Би-Пл амфиболиты и слюдиты; для Σ_K серии характерны Кпи-Фл и Фл-Ся включения. Термодинамические параметры Ол-Кпи-Опи и Кпи-Амф парагенезиса ультрамафитовых включений (P_D 12-15 кбар, $T^{Олик} = 1250^{\circ}C$) наряду с геохимическими ($Cr-Ni-Ca-Sr$) и стронциево-изотопными (0,7036) данными позволяют относить их к типу неметасоматизированных перидотитов.

В Вайк-Зангезурской зоне устанавливается следующая смена состава включений: Шп-верлиты и Ол-клинопироксениты в расслоенных

габбро (T_{Na-K}), глубинные Кпи-Фл-Ап амфиболиты в S_{K-Na} , $Ш_{K-Na}$ сериях и Амф-Би, Амф-Пл габбро и диориты нижнекорового типа - в S_K и $И_K$ сериях. Анализ минеральных парагенезисов и P-T условий устойчивости ультрабазитовых ($P_d = 25-27$ кбар, $T_{лик} = 1320^{\circ}C$) и Кпи-Амф-Би включений, Амф, Би мегакристов из вулканитов и лампрофиров и Ол-габбро ($P_d = 16-18$ кбар, $T = 960-980^{\circ}C$) наряду с геохимическими (высокие концентрации Ti , Rb , K , Y - Zr - P , отсутствие Eu -минимума, $\Sigma TR = 0,056-0,046\%$) и изотопно-стронциевыми отношениями во Фл (0,7033) и паргасите (0,7041) указывает на близость изученных включений к метасоматизированным перцолитам и их аналогам из щелочных и субщелочных базальтов.

8.4. Интрузивный магматизм сложных геодинамических обстановок и проблема генерации магм. Происхождение гетерогенных габбро-гранитоидных, габбро-монзонитовых и габбро-сиенитовых формаций соотносится с моделями кристаллизационной дифференциации исходных базитовых магм, смешения, интенсивного фракционирования (Кпи-Пл-Амф-Мт) магм среднего состава, частичного плавления, ликвационного расщепления и вертикальной миграции очагов при воздействии интрателлурических флюидов. Совместное рассмотрение вулканических и интрузивных (с учетом кумулятов) серий позволяет проследить начальные этапы эволюции базитовых магм. Среди интрузивных комплексов выделяются два типа габброидов - ранние плутонические кумулятивно-расслоенные с ультрамафитами (габбро-норит-перидотиты и габбро-оливинит-клинопироксениты), не имеющие эффузивных аналогов, и вулкано-интрузивные габброиды, ассоциирующие с гранитоидами I типа и сходные по составу с начальными членами вулканических серий. В группе изученных ранних плутонических габброидов в соответствии с представлениями Ферштатера Г.Б., Глазунова О.М. выделяются: I - габбро офиолитового барофильного (Пл-фации) типа, высоко- Sr , низко- Sc , $I_o^{Sr} = 0,7026$, $Rb/Sr = 0,08$, $CaO/Al_2O_3 = 1,5$ (габбро-плагιοгранитные серии); II - габбро-норитового, барофильного $Ca-Ni-Pt$ промежуточного (Шп-фации) типа $I_o^{Sr} = 0,7032$, $Rb/Sr = 0,04-0,05$, $CaO/Al_2O_3 = 0,9-1$ (диорит-гранодиоритовые серии); III - Ол-габбро-клинопироксенитового субщелочного $Fe-Ti-V$ барофильного (Гр-фации) типа, высоко- Sr , $I_o^{Sr} = 0,703-0,7045$, $Rb/Sr = 0,08-0,1$, $CaO/Al_2O_3 = 0,6-0,7$ (габбро-сиенитовые серии). Парагенезисы ранней стадии фракционирования кумулятивных габбро (Ол-Опи-Кпи-Амф и Ол-Кпи-Мт-Пл), их Ол-Опи и Ол-Не нормативные составы, тренды эволюции Кпи, распределение $P39$ и $^{87}Sr/^{86}Sr$ указывают на Ол-толеитовый состав родоначальных

расплавов в зонах сжатия и субщелочной пикробазальтовый - в зонах растяжения.

Тренд магматической эволюции по $FeO - SiO_2$ и $MgO - \Sigma FeO + TiO_2$ как в вулканических, так и интрузивных сериях Базумо-Севанской зоны ($I_K \rightarrow C_K \rightarrow \Sigma I_K$) имеет промежуточный между толеитовым и известково-щелочным характер; в Вайк-Зангезурской зоне ($T_{Na-K} \rightarrow C_{K-Na} \rightarrow I_{K-Na}$) отчетливо толеитовый тренд сменяется известково-щелочным.

Интрузивные формации, участвующие в строении вулкано-плутонических структур, в возрастном отношении сближены с дифференцированными вулканическими сериями и характеризуются однотипной с ними (непрерывной или контрастной) последовательностью интрузивных фаз внедрения (от габбро до гранита и сиенита). Во временном аспекте они отличаются длительностью формирования, укладываясь в интервал от 2 до 5-7 млн. лет. Эволюция в коллизионной обстановке предопределяет и разнообразие факторов, ответственных за механизм генерации и дифференциации магм, реализуемых в зонах сжатия и растяжения. Устанавливаются различия в магматической эволюции, типах глубинных ксенолитов, составе ранних (кумулятивных) плутонических габброидов барофильного или барофобного типов, в формировании "протяженного" или "укороченного" рядов вулкано-интрузивных серий и, наконец, в облике плутонических гранитов 5 и 15 типов.

Рассмотренные в диссертации ряды интрузивных формаций вулкано-интрузивной группы по сравнению с комагматичными вулканитами, характеризуются: 1) полнокристаллической структурой, 2) более выраженной дискретностью составов, 3) явлениями внутрикамерной дифференциации, 4) большим разнообразием петрографических типов пород, в т.ч. и не имеющих эффузивных аналогов; 5) иным соотношением главных типов пород с преобладанием средних и кислых членов (в протяженных - 1:3:5 против 1:5:3, в укороченных - 1:5:4 против 5:4:1); 6) сходной и низкой железистостью темноцветных (и титанистостью Кпи и Амф), ранней кристаллизацией Мг с непрерывным удалением высокотемпературных ликвидусных фаз, кристаллизацией более низкотемпературных субсолидусных фаз, появлением неравновесных парагенезисов, реакционными взаимоотношениями минералов, характером зональности (с ростом f и щелочности); 7) линейной зависимостью распределения совместимых и несовместимых редких элементов, согласующихся с фракционированием магматических систем, 8) сходством изотопных трендов и низкими отношениями $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7036-0,7045), ковариа-

циями их с Rb , Nd , Sm .

По существу в многообразных сериях отражены различные стадии магматической дифференциации, совмещены минеральные парагенезисы разноглубинных очагов. По сравнению с вулканическими аналогами интрузивные серии формируются в условиях большей глубинности, более низкой T^0 , скорости кристаллизации (снизу вверх), более высокого флюидного давления.

При объяснении недостаточной эффективности кристаллизационной дифференциации в образовании больших объемов средних, кислых и щелочно-сапунчатых пород важная роль отводится флюидно-магматической дифференциации и механизму взаимодействия с веществом коры (с разрастанием очагов) по принципу магматического замещения и селективной ассимиляции (до 10%) в промежуточных очагах с последующим фракционированием в коровых условиях. Эти представления обосновываются сопряженностью в составах исходных магм и конечных дифференциатов, прогрессивным ростом (фиг. 4,) $^{87}Sr/^{86}Sr$ от основных низких (0,7036-0,7038), средних (0,7040-0,7045) к лейкократовым конечным членам (0,705-0,706), определенными ограничениями петролого-геохимического и $Sr-Rb$ изотопного характера, масс-балансовыми расчетами, различиями субстратов для гранитов типа I и 5, а также появлением оторванных во времени (10-15 млн. лет) и не связанных с базитами позднеколлизийных I гранитов с низкими $I_o^{Sr} = 0,704$. Проблема гранитов в таких зонах со зрелой континентальной корой, как коллизийные, смыкается с проблемой источников воды, калия, коррелятивных элементов.

На основании обобщенного петролого-геодинамического и изотопно-геохимического анализа вулкано-интрузивных серий, габброидов и гранитоидов плутонической группы для зон коллизии обсуждаются следующие модели генерации магм, их эволюции и их взаимодействия с корой.

I. Генерация магм в зонах растяжения при плавлении восходящих мантийных диапиров, которая при адиабатической декомпрессии определяется степенью, глубиной плавления и взаимодействием с веществом мантии и нижней коры. Главное следствие этого процесса выражается в сдвиге состава исходных расплавов к никробазальтовому, в возрастании содержания щелочей, уменьшении степени насыщения SiO_2 и росте растворимости CO_2 . При подъеме мантийных диапиров происходит расщепление эволюционных трендов: $T_{Na-K} \rightarrow C_{K-Na} \rightarrow I_{K-Na} \rightarrow Ш_{K-Na}$. При максимальных глубинах плавления (ниже каденетового барьера,

P_{II} 20-22 кбар) генерируются исходные базальты C_{K-Na} и $Щ_{K-Na}$ серий, на малых глубинах ($P_{II} = 10$ кбар), но при более высоких степенях плавления, вдоль границы устойчивости Кпи-высококремниевые (55-60% SiO_2) расплавы, на промежуточных глубинах ($P_{II} = 15-20$ кбар) толеитовые базальты (Рябчиков И.Д., Коваленко В.И. и др.). На диаграмме Не-Фо-Кв (Иодар Х., Кусиро Н.) отчетливо видно смещение составов от габбро-оливинит-анортозитовой (T_{Na-K}) и габбро-сиенитовой (C_{K-Na}) серий в сторону сухого углекислотного ликвидуса при $P_{II} = 30$ кбар и раздела $P_{II} = 20$ кбар, вблизи которого размещены составы монцодиорит-граносиенитовой ($И_K$) и гранодиорит-гранитовой ($P_{II} = 5$ кбар) серий. Экспериментальные исследования режима H_2O и CO_2 (Эдгар А.Д., Аритма М., 1984) показывают, что плавление мантийных диапиров и развитие низкокремнеземистых магм с нормативным Ол-Не составом в системе перидотит- CO_2 - H_2O (Wyllie R, 1978) протекает в условиях возрастания CO_2/H_2O и $P_{II} \geq 20-30$ кбар, а при взаимодействии в коре возрастает активность воды, снижается CO_2/H_2O и возрастает SiO_2 . Эволюционный интрузивный ряд Зангезурской зоны $T_{Na-K} \rightarrow C_{K-Na} \rightarrow И_K \rightarrow Щ_{K-Na}$ от Ол-габбро до Не сиенитов и поздних порфировидных гранитов характеризуется при росте SiO_2 постоянством Rb/Sr (0,08-0,12), одинаковой дисперсией $^{87}Sr/^{86}Sr$ относительно $I_0^{Sr} = 0,7041$ (от 0,7030 до 0,708) и аномальным I типом свинца, обратного коррелируемого с $^{206}Pb/^{204}Pb$ (фиг. 5. .).

Эти, как и другие петрологические (фракционирование Ол \rightarrow Кпи \rightarrow Амф-Мт-Пл, высокие $T_{одик} = 1350-1000^\circ$), минералогические (наличие высокобарных Ол, Кпи-Амф, Би в базитах в виде мегаксенокристов), геохимические (низкие отношения Ba/La , La/Yb , La/Sm при $E_U/E_V = 0,7-0,9$) данные не аппроксимируются одностадийной моделью кристаллизационного фракционирования, а требуют более сложной трехстадийной петрогенетической модели эволюции восходящих мантийных диапиров (Таусон Л.В., Меликсетян Б.М., Плюснин Г.С., 1986). I. Подъем и всплытие мантийного диапира к основанию подвергшейся деструкции континентальной коры, играющей роль "геосферной ловушки" - выступа. II. Частичное плавление вследствие максимального разогрева и адиабатической декомпрессии, причем состав выплавок зависит от степени и глубины плавления и от содержания глубинных флюидов. Взаимодействие генерируемых магм с перидотитовым веществом мантии и фракционирование бесплагиоклазовых фаз сопровождается возрастанием SiO_2 , Al_2O_3/CaO и щелочей, растворимости CO_2 (равной при 15кбар растворимости H_2O и дости. ающей максимума при $P_{II} = 25-30$ кбар). Эво-

люция магматизма от расслоенных габбро (T_{Na-K}) к габбро-сиенитовой (S_{K-Na}) серии отражает по существу отщепление более флюидизированных расплавов. По ковариациям $Na - Sr - Rb$ это интерпретируется моделью бинарного смешения, которая предусматривает привнос восходящими флюидами из неистощенной мантии Si, Al, K, Na , редких, рудных и КИР-элементов (до 50%) в подкоровые очаги, генерирующие базитовые магмы из более истощенной мантии (включения и мегакристы - фрагменты метасоматизированной мантии с $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,7033$). Ш. Взаимодействие "сухих" базальтовых расплавов ($T_{Na-K} \rightarrow S_{K-Na}$) в пределах нижней коры с проявлением известково-щелочных тенденций при функционировании С-Н-флюидной системы, состоящей из глубинного питающего очага и своеобразного "термального купола". Поднимающиеся через амфиболиты нижней коры субщелочные базитовые магмы обладают способностью генерировать большие объемы магм среднего состава (Амф-Кпи габбро-диориты до кварц(монцо)диоритов), фракционирующиеся с отделением Кпи-Амф-Мт-Пл до субщелочных гранитов. После консолидации разрастающегося "термального купола" из питающего очага вновь генерируется щелочная $K-Na$ магма (эссексит-нефелидсиенитовая формация) с высокими содержаниями Ba, Sr и низким $^{87}Sr/^{86}Sr$ отношением.

Генерация магм в зонах сжатия при взаимодействии мантийных расплавов с веществом коры. Процессы магмогенерации в условиях мощного тангенциального сжатия, скучивания и утолщения коры на границах микроплит сопровождаются формированием триады магматических серий: $I_{K-Na} \rightarrow S_{K-Na} \rightarrow \Sigma_{K-Na}$ с симметричной латеральной зональностью от осевой офиолитовой зоны. Это обусловлено взаимодействием и пододвиганием континентальной литосферы под океаническую кору. Возможными механизмами являются: вовлечение в зону субдукции континентальных отложений, пластин нижней коры, ее погружение вследствие инверсии плотностей при эклогитизации, высокотемпературный метаморфизм и выплавление кислой магмы (игнимбриты в основании среднего эоцена, синколлизонные граниты). Специфика магматизма зон сжатия в условиях высокой разогретости сиалического фундамента - это "протяженный" дифференцированный характер вулканических и интрузивных серий, повышенная роль кислых и лейкократовых членов, двупироксеновый парагенезис, высокая окисленность флюидов, водонасыщенность при низком CO_2/H_2O , низкобарическое фракционирование Мт, промежуточный между толeutовым и известково-щелочным тренд накопления ΣFeO с ростом SiO_2 , свидетельствующие о возникновении исходных лейкобазитовых

расплавов при фракционной кристаллизации габбро в условиях повышающегося P_{H_2O} , fO_2 и контаминации силикатного материала в коровых очагах. Это подтверждается скачкообразным ростом $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,70307-0,7037-0,7042), $\delta^{18}O$ (+6,25 до 9-10,6%), $^{206}Pb/^{204}Pb$ (17,9 - 19,2), обогащением Sr ($Sr = 560-1700$ г/т и $Sr^{88} = 30-150$ г/т), непрерывным ростом Rb/Sr (0,04-0,24). Анализ нормативных составов вулкано-интрузивных серий на диаграмме Nb-Фо-Кв обнаруживает, что габбро-диорит-гранодиоритовая серия смещается к линии раздела в присутствии воды при $P_H = 20$ кбар, монзонит-латитовая - к полю $P_H = 10$ кбар, фанолит-псевдолейцит-сиенитовая - к $P_H = 5$ кбар. Автономность эволюционных трендов с ростом "радиогенности" магмогенерирующих субстратов в $I_{Na} \rightarrow I_{K-Na}$ и $C_K - C_{IIK}$ сериях обнаруживается и прямой корреляцией $^{87}Sr/^{86}Sr$ с SiO_2 , K_2O , $1/Sr$ и $\delta^{18}O$ как в породах, так и в кальциевых акцессорных минералах, что связано с геохимической гетерогенностью субстратов. Рост дифференцированности спектра распределений и содержаний R33 с ростом La/Yb , Ba/La , и Eu/Eu (0,65 в I_{K-Na} до 0,9 в C_K и 1,2-1,6 - в C_{IIK}) обогащение K, Al, Rb, Sr и Ba, обеднение Cr, Ni, Co, Sc, отношения радиогенных и нерадиогенных изотопов указывают на усиление селективной контаминации силикатным материалом на уровне генерации исходных расплавов, а также в промежуточных и малоглубинных камерах.

Таким образом, в зонах преобладающего сжатия в условиях коллизионного тектогенеза может обсуждаться трехстадийная комбинированная модель петрогенезиса. I - Быстрый подъем исходных базальтовых магм, переход от T_{Na-K} к I_{K-Na} при кристаллизационной дифференциации с преодолением при высоких P_{H_2O} и fO_2 ортопироксенового барьера (< 15 кбар). II - Процессы извилидействия (ассимиляция, выплавление) в амфиболитовом субстрате с обогащением полевошпатовым компонентом и отсадкой Ол-Опи. III - Низкобарическая интенсивная кристаллизационная дифференциация с усилением на поздних стадиях флюидомагматического и магматического замещения. Специфика петрогенезиса субщелочного и щелочного калиевого вулкано-интрузивного магматизма зон сжатия состоит в пониженной титанистости, резкой обогащенности элементами "дубудуционной" зоны (K, Rb, Sr, Ba), цериевых спектрах R33 ($La/Sm > 6-10$, Ba/La 18-26, La/Yb 14-25, Eu/Eu 0,7-0,9), низких T/Zr (12-32), высоких Tb/U (4-5) и радиогенных изотопов. Она связывается с плавлением метасоматически обогащенной мантии и явлениями обогащения коровыми компонентами. В петрогенезисе фанолит-псевдолейцит-сиенитовой формации наряду с фракционированием Кпи-Пл-

-Ит определенную роль играли процессы десилификации при взаимодействии флюидов с карбонатными и ультраосновными породами, приводящие к выносу SiO_2 и росту активности щелочей (Меликсетян Б.М., 1972, 1976). Позднее внедрение субщелочных кварцевых сиенитов, коровый тип коенолитов и ковариации $Sm/nd - ^{87}Sr/^{86}Sr$ обосновывают приложимость этого представления.

Генерация магм в континентальной коре. Процессы плутонического гранитообразования особенно характерны для зон коллизии АП и М.Кавказа. По геодинамической позиции (Pearce J.A. et al., 1984) выделяются океанические, вулканодужные, коллизионные и внутриплитные типы гранитов. С учетом ограничений экспериментального и теоретического характера нами по структурному положению, петро-минералогическим, геохимическим параметрам и способу образования граниты М.Кавказа разделяются на четыре основных типа. I. Граниты вулканодужного (раннеколлизионного) типа, связанные с фракционной кристаллизацией исходных базитовых и средних магм (граниты толеитового, андезитового и латитового рядов). Отличаются низкими отношениями Rb/Sr (0,16-0,2), $I_a^{Sr} < 0,7045$, близкими к значениям для исходных жидкостей, высоким FeO/MgO отношением, высокими содержаниями КИР, СЕ и РЗЭ элементов, маловодным и высоко T^0 характером. II. Граниты-лейкограниты синколлизионного типа, резко обогащенные Ap , Rb , Ba , Cs , F , Br , обедненные Sr и легкими РЗЭ с дефицитом Eu , с высокими Rb/Sr 0,5-1 и $^{87}Sr/^{86}Sr$ 0,707 до 0,720 отношениями. Образуются за счет анатексиса гидратированного основания литопластики в фундаменте и седиментационного клина при участии существенно коровых флюидов Н-системы. III. Граниты позднеколлизионного типа, образующиеся после значительной паузы (15-25 млн. лет), причем их очаги плавления находятся ниже уровня синколлизионной гранитизации. Характерны меланократовые включения, низкие значения $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,7038 - 0,7041$, указывающие на глубинные источники гранитизирующих флюидов, поступающих в нижнекоровые субстраты при ограниченной роли ассимиляции (5-10%). В зонах, претерпевших растяжение на ранних стадиях, существовали благоприятные условия для движения флюидов. IV. Внутриплитные постколлизионные аргитовые граниты, связанные с щелочно-базальтовыми (бимодальными) сериями. Важная роль в их генезисе отводится равновесию со щелочной базальтовой магмой флюидом. Характерны высокие Rb/Sr (5-10) и $^{87}Sr/^{86}Sr$ отношения, повышенные содержания Yb , Zr , Y , Nb , Ta , указывающие на участие в петрогенезисе корового источника.

8.4.2. Флюидный режим формирования ВИ и плутонических серий в зонах коллизии. Исследование состава окислированных газов, содержания углеводородов ($C_{орг}$), галогенов и режима fO_2 выявляют определенную специфику флюидного режима. В работе принимаются представления о важной роли глубинных флюидов (Коржинский Д.С., Маракушев А.А., Летников Ф.А., Жариков В.А., Бейли Д., Лирса Д.А. и др.) в процессах петрогенезиса, особенно на стадии гранитного магмогенеза. Полученные данные свидетельствуют, что в коллизионных зонах интенсивность и масштабы флюидопотока (He^4/He^3 близки к мантийным значениям) столь же значительны, что и в современных зонах перехода океан-континент, ОД и рифтах, хотя в специализации флюидов намечаются отличия. Отдельные члены ВИ "протяженных" серий (Ик-На, С_к, Ш_к) и поздние граниты в Базумо-Севанской зоне характеризуются специализацией, свойственной внутриконтинентальным орогенам (низкие $K_{восст}$, сильная связь $CO+CH_4+N_2$ с H_2O), в то время как в ВИ сериях (Т_{на-к}, С_{к-на}, Ш_{к-на}) и позднеколлизионных гранитах Вайк-Зангезурской зоны (высокие $K_{восст}$, f/cf , сильная связь $CO+CH_4+CO_2$ с H_2 и слабая с H_2O) она близка к континентальным рифтам. Различие в путях эволюции магматических систем в зависимости от $P_{общ}$ и CO_2/H_2O соответствует сдвигам в область Ги-Кв или Ох-Не нормативных составов. Более высокое давление флюидов в разноглубинных камерах интрузивов по сравнению с вулканическими эквивалентами приводит к смещению состава первых в кремнекислую область, снижению $T_{лик}$, возрастанию роли "водных" барофильных Амф, Би, росту железистости и щелочности.

Согласно экспериментальным данным существует зависимость между растворимостью $K, Na, F, Si, Rb, Sr, Ba, Cl, Br, Li$ в водно-углекислых флюидах и P-T параметрами, причем в условиях мантии их растворимость может достигать 50 мас%. В работе для оценки состава флюидов и вклада источника (дегидратация в зонах субдукции, недеплетированная мантия, нижняя и верхняя кора) использована диаграмма ковариации $I_0^{Sr} - Sr - Rb$ в гранитах, нефелиновых сиенитах и лампрофитрах, учитывающая различия растворимости и геохимических свойств Rb/Sr системы в зависимости от CH_2/H_2O во флюиде.

8.4.3. Изотопно-геохимическая неоднородность астеносферы и эволюция системы мантия-кора в зонах коллизии интерпретирована по диаграммам ковариации $^{87}Sr/^{86}Sr$ с $^{206}Pb/^{204}Pb$, $^{87}Sr/^{86}Sr$, отношениями Rb/Sr , Sm/Nd и концентрациям SiO_2 , K_2O и Sr в последовательных дифференциатах магматических серий. В Базумо-Севанской зоне

эволюция магматизма отличается высоким темпом роста "радиогенности" и прямой коррелируемостью $Sr - Rb$ и $Rb - Sr$ с ростом SiO_2 , K_2O , Sr , что свойственно субдукционным комплексам АОК и зрелых ОД, наложенных на докембрийские щиты, и свидетельствует о вовлечении в зону субдукции континентальных турбидитов, о более интенсивном взаимодействии мантийных расплавов (низкие первичные $I_0^{Sr} = 0,7028$) с корой. В Вайк-Зангезурской зоне эволюция магматизма согласуется с ПГМК толеитовых и щелочных базальтов и характеризуется обратной коррелируемостью отношений $Sr - Rb$ системы и меньшей величиной их дисперсии относительно первичной метки $I_0^{Sr} = 0,7042$. Обособляются таким образом два "блока" верхней мантии: с е в е р ы й (южная окраина Закавказского массива), близкий по составу к истощенной островодужной мантии, обогащенной коровым материалом, и ю ж н ы й (Южно-Армянский мегаблок), совпадающий с субмеридиональной аномальной полосой, имеющей в основании недеплетированный мантийный субстрат и зону взаимодействия с древнейшей нижней корой.

Глава 9. ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РУДОНОСНЫХ ВУЛКАНО-ИНТРУЗИВНЫХ СЕРИЙ ЗОН КОЛЛИЗИИ

Регионально-металлогенетические аспекты и специфика эволюции Альпийско-Гималайского пояса в целом и его отдельных сегментов рассмотрены Магакьяном И.Г., Мкртчяном С.С., Твалчредидзе Г.А., Яковичем С.А., Чалышом М.А. с соавторами, Карапетяном А.И., Романько Е.Д. и др. Подчеркнем, что для коллизионных геодинамических обстановок характерны: 1) сегментарность размещения эндогенной минеральности, свойственная АОК и зонам ТМА; 2) тесная связь с магматизмом на границах микроплит и тыловыми зонами ВП поясов; 3) приуроченность к зонам глубинных разломов; 4) полихронность (доолигоцен, олигоцен-миоцен, мио-плиоцен) и полигенность (особенно крупных $Cu-Mo$ порфировых месторождений) оруденения; 5) совмещение колчеданных ($Cu-Rb-Zn$, $Au-Ag$), Cu , $Cu-Mo$ -порфировых, полиметаллических золото-сульфидных "пятиэлементных", редкоэлементных (грейзены, жилы, пегматиты с Li , Nb , Be , Sn , W , Mo), карбонатитовых ($Th-TR-Nd$), эпitherмальных U , $As-Sb$, Hg и целеститовых месторождений; 6) полиэлементный состав руд и значительная роль сульфосолей; 7) смешанная гранитофильно-халькофильная рудная специализация габбро-гранитоидных серий, литофильная - синколлизионных гранитов, редкометаллея-щелочных калиевых и калиево-натриевых серий.

Выполненные петрологические и изотопно-геохимические исследования вулкано-интрузивных и рудно-магматических систем позволяют на основании совпадения магма-металлогенетической и рудно-геохимической латеральной зональности установить закономерности размещения разнотипного оруденения в соответствии с моделью коллизионного тектогенеза. Это расширяет представления о потенциальной рудоносности региона как в отношении известных *Cu-Mo* порфировых и *Au*-полиметаллических, так и новых - вольфрамовых и редкометалльных месторождений.

На основании датальных возрастных датировок устанавливаются:

1) сближенность во времени вулкано-интрузивного, субвулканического порфирового магматизма, зонального метасоматоза и разнотипного оруденения со стадиями коллизионного тектогенеза (в млн. лет): I - 41-38 (*Fe-Ti, Fe-Co, Fe-Cu*); II - 36-32 (*Cu, Cu-Mo, Cu-As, W-Au-Pb*), III - 23-18 (*Mo, Cu-Mo-Au, Au-Pb-Zn-Bi-Te, TR-F-Th*), IV - 15-12 (*Mo(Re), Sb-As-Ag, W-Mo-Sn, U-Mo, U, U*); 2) проявление повторных рядов при непрерывности и длительности рудогенеза; 3) латеральная изотопно-геохимическая зональность относительно границ микроплит (фронтальные → тыловые части зон): в зонах сжатия ($M_{Na} \rightarrow M_{K-Na}$

$S_K \rightarrow \Sigma_K$) обычно *Fe-Co → Fe-Cu → Cu(Mo) → Pb-Zn-Au-W → U-As*; в зонах растяжения ($T_{Na-K} \rightarrow S_{K-Na} \rightarrow M_K \rightarrow \Sigma_{K-Na}$) - *Fe-Ti-P → Nb-TR-Zr → Mo-Cu → Pb-Zn-Au → W-Mo → U-Mo → Sb-As → Hg*

что совпадает с зональностью крупных *Cu-Mo*-порфировых РМС. По флюидному режиму и длительности активности выделяются два типа магматогенно-рудных систем: I - в зоне сжатия - тип "вулкан-кальдера-плутон" со сложной системой промежуточных и коровых очагов; II - в зоне растяжения - тип вертикальной системы "интрузивная камера - питающий очаг - мантия" над мантийными диапирами.

Специальный петрогеохимический анализ ($\delta^{18}O$ -гомогенизации и состав газовой-жидких включений) рудоносных гранитоидов и флюид-порфировых Кв-ПШ и кварцево-рудных жил I этапа, "замкнутых" флюидно-расплавных макро(фазовые и фациальные перматиты с *Cu-Mo(Re), TR-W-Mo-Au* и *Pb-Zn-Bi-Te-Au* минерализацией) - и микро(миролы, флюидальность) систем показывает, что наиболее реальным механизмом экстракции представляется ликвационное расщепление (Маракушев А.А.) вследствие снижения давления на кварцолитовые, Кв-ПШ расплавы и щелочно-солевые рудоносные растворы.

Выполнен статико-геохимический анализ (*R*-факторный, корреляционный K_{II}, K_K) всех членов вулкано- и интрузивных серий от ранних

плутонических габбро до позднэколлизионных гранитов различной серийной принадлежности и рудоносности (*W-Mo* - Тырны-Ауз, *Cu-Mo* - Каджаран-*Ик*; *W-Au-Pb* - Амзачиман-*Ск*; *Fe-Cu-Co* - Базум-*Ина*). Рассчитаны также коэффициенты распределения элементов между минеральными фазами, расплавами и флюидами ($K_{р\text{ин}}$, $K_{р\text{эф}}$, $K_{р\text{мин}}$, $K_{\text{комб}}$), позволившие выявить комплекс факторов, обуславливающих степень накопления и рассеяния при фракционной дифференциации магматических систем. Показана возможность использования $K_{\text{комб}}$ как критерия потенциальной рудоносности и его зависимость от содержания рудных компонентов: $K_{\text{отд}} = I - K_{\text{комб}}$ возрастает с увеличением концентраций рудных компонентов (*Cu, Au, Ag, Mo, W, As, Bi, Sb*), обладающих сродством с *F, Cl, S²⁻, C_{орг}* и с усилением интенсивности флюидно-магматической дифференциации.

По согласованным изотопным *Pb-Sr* параметрам, флюидной специализации (*F, Cl, P, CO₂, H₂O, S*) и окислительно-восстановительному режиму *P-T-fO₂* (Би-Амф, Мт-Ил парагенезисы) устанавливается вклад различных источников в рудную специализацию гранитоидов различной формационной принадлежности: А. Мантийный источник: 1) $I_0^{Sr} = 0,7030-0,7036$ (*Tna*; высокохлорный, сильноокисленный - *Fe-Cu-Zn-Co*); 2) $I_0^{Sr} = 0,7036-0,7044$ (*Ик, Ск-на*; высокохлорно-углекислый сильноокисленный - *Fe-Ti, Cu-Mo, Mo-Au, Pb-Zn-Ag*); Б. Мантийно-коровый источник: 3) $I_0^{Sr} = 0,7045-0,705$ (*Ик-на*, водно-хлорфильно-сарнистый, окисленный - *Cu, Cu-As-Sn, Pb-Zn-Au*); 4) $I_0^{Sr} = 0,705-0,706$ (*Ск* фтор-хлорфильный, умеренноокисленный; *W-Au, Mo-Au, Mo*); В. Коровый источник: 5) $I_0^{Sr} = 0,707-0,709$ (тип *IS*, фторводный, низкоокисленный *W-Mo*); 6) $I_0^{Sr} > 0,710-0,718$ (тип *S*, водно-фторфильно-борный неокисленный *Li, Sn, Nb, U*).

Как следует из анализа региональных кларков (ОК), в магматических комплексах и эволюции изотопного свинца и *Sr* (I_0^{Sr} - рудный элемент, $^{87}Sr/^{86}Sr - ^{206}Pb/^{204}Pb$) в рудоносных гранитоидах и связанных с ними крупных *Cu-Mo* порфировых, *Mo-W, Au* - полиметаллических и уран-сульфидных месторождениях, источники рудообразующих веществ в разных зонах и на разных этапах рудообразования связаны с различными по *Th-U-Pb* и *Sr-Pb* параметрам субстратами. В Базумо-Севанской зоне гранитоиды *Ик-на* и *Ск* серий с *Au* -сульфидными и *F-TR-Th* проявлениями характеризуются нормальным, согласующимся В-свинцом, с возрастом 400-500 лет. В Вайк-Вангезурской зоне и гранитоиды, и крупные *Cu-Mo* -месторождения характеризуются "наименее радиогенным", аномальным *I* -свинцом; в *Au* -полиметалли-

ческих месторождениях свинец промежуточный, в урановых - "наиболее радиогенный".

Имеющиеся данные (Каджаран, Личквас, Зод) по эволюции изотопного состава Pb во времени и узкий диапазон вариаций $\delta^{206}Pb$ и $\delta^{207}Pb$ близких к метеоритному уровню, позволяют сделать вывод о едином первичномантийном источнике рудного вещества для *Cu-Mo* порфировых и золото-сульфидных месторождений и о вовлечении метеоритной воды ($\delta^{18}O$) и верхнекорового свинца в процесс рудогенеза на поздней стадии формирования *Cu-Mo* порфировых, золото-полиметаллических и особенно урановых месторождений.

В заключение подчеркивается перспективность приложения петролого-геохимических и изотопных исследований к металлогеническому анализу. Установленный комплекс магматических и изотопно-геохимических критериев и сходство магмо-металлогенической и флюидно-геохимической зональности относительно границ микроплит значительно сужает площади первоочередных прогнозных работ на разновозрастное

Cu-Mo -порфировое, *Au* -полиметаллическое, эпitherмальных радиогенно-редкометалльное оруденение, в том числе и на перспективное скарново- и грейзеновое вольфрам-молибденовое, золото-серебряное оруденение, связанное с субщелочными калиевыми и кали-натриевыми ВИ сериями. Специально выполненные исследования щелочных калиевых и калиево-натриевых магматических пород показали потенциальные возможности использования их в качестве комплексного глиноземистого и полевошпатного сырья с сопутствующей редкометалльной минерализацией (Be, Nb, Ta, Y, Zr, B), в том числе выявленные цезиеносные ультракалиевые вулканические щелочные породы (стекла, туфы, лейциты).

З а к л ю ч е н и е

Проведенный петролого-геохимический анализ показал исключительное многообразие интрузивного магматизма, представленного глубинными аналогами всех известных вулканических серий, что определяется сложностью геодинамической обстановки сближения и взаимодействия АКО Евразийской и ПКО Афро-Аравийской и Индостанской плит Гондваны, совмещением субдукционных, рифтовых режимов с "тетисной" коллизией ($P_2^3 - P_3^1$). Магматизм развивается в течение длительного (40 - 45 млн. лет) периода, носит импульсивный характер с быстрой сменой известково-щелочного магматизма субщелочным и щелочным калиевым, индикаторным для АКО Андийского типа и зрелых ОД Средиземноморья. Со-

пряженно во времени проявляется толетовый, субщелочной и щелочной *K-Ma* магматизм, индикаторный для зон растяжения и континентального рифтогенеза. Особое место в эволюции корового магматизма занимают синколлизийные гранит-лейкогранитные (5 тип) и позднеколлизийные гранодиорит-гранитные (15 тип) плутоические комплексы. Выполненный сравнительный анализ магматизма важен для понимания палеогеодинамических реконструкций складчатых областей, формирующихся в обстановке коллизийного тектогенеза.

Наиболее общими особенностями коллизийных зон с одновременными деформациями океанической и континентальных плит и микроплит являются: 1) наличие древней зрелой коры гондванского типа; 2) проявление при коллизийных процессах участков утолщения и утонения коры с термальным метаморфизмом и атаксисом; 3) проявление двух типов эндогенных режимов - преобладающего сжатия и растяжения, сопряженного со сдвиговыми деформациями; 4) задуговое растяжение с формированием тыловых бассейнов при подъеме мантийных диапиров; 5) тектоническая анизотропия, рессисенность литосферы, латеральная (в зонах сжатия) и вертикальная (в зонах растяжения) миграция мантийного вещества и флюидов; 6) активизация древних линейментов на всех стадиях коллизии и проявление глобальной позднеальпийской ТМА.

В Базумо-Северной зоне сжатия, субширотных сдвигов и линейной складчатости эволюция магматизма в предколлизийную стадию характеризуется антидромностью (игнибриты, гранито-гнейсы типа "s"), а поздние стадии - развитием гомодромных рядов интрузивных (габбродиорит-теналитовая → кварц-диорит-гранодиоритовая → монцонит-граносиенитовая псевдоацит-нефелинсиенитовая → гранит-порфировая) серий. Выявляется линейность и автономность трендов с возрастанием в ряду $I_{Na} \rightarrow I_{K-Mg} \rightarrow C_K \rightarrow U_K$ сиаличности, калиености, железистости пород и минералов, непрерывно повышающейся ролью элементов "субдукционной зоны", $R_{38} (Ca/Yb - 10-15, Eu/Eu - 0,7-1,6)$, прямо коррелируемых с $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7037-0,7092 при росте $Rb/Sr = 0,15-0,45$) и $^{206}Pb/^{204}Pb$ (18,9-19,2), что указывает на участие в петрогенезисе истощенного мантийного источника и материала зрелой коры.

В Цахкунк-Зангезурской зоне растяжения, представленной сопряженными прогибами и складчато-глыбовыми поднятиями, эволюция магматизма отличается нестандартным аномальным трендом, ритмической антидромностью на фоне однонаправленной латеральной зональности, гомодромностью внутри интрузивных (габбро-верлит-анортозитовая → габбро-сиенитовая → монцодиорит-гранодиорит-граносиенитовая → эссек-

сит-нефелинсиенитовая → гранодиорит-гранитовая → Гранит-лейкогранитная) формаций. Петрохимические тренды в ряду $T_{Na-K} \rightarrow C_{K-Na} \rightarrow И_{K-Na} \rightarrow Ц_{K-Na}$ имеют расщепленный характер, описываются параболической кривой, отличаются повышенной фемичностью и щелочностью, высокой ролью КИР и РЗЭ элементов ($La/Уb > 20-45$, $Eu^*/Eu \approx 0,7-0,9$), "внутриплитных" и флюидных компонентов (Co , $СН_2$, ce , F , B , P), обратно коррелируемыми ковариациями $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7036-0,7070 при постоянстве $Rb/Sr = 0,08-0,12$) и $^{206}Pb/^{204}Pb$ (17,5-18,5), что указывает на участие в петрогенезисе неистощенного мантийного источника и материала нижней коры.

На основании петролого-геодинамического, фазово-минералогического и изотопно-геохимического анализ дифференцированных вулкано-интрузивных серий, предшествующих плутонических габброидов (барофобных и барофильных) и автономных коллизионных гранитов, специфики глубинных включений и состава флюидов впервые для зон коллизии обосновываются три модели генерации магм, их эволюции и взаимодействия с корой.

I. В зонах растяжения - плавление восходящих мантийных диапиров в условиях адиабатической декомпрессии; эволюция пикробазальтовых магм протекает в три стадии ($T_{Na-K} \rightarrow C_{K-Na} \rightarrow Ц_{K-Na}$) на различных глубинах ($P_{II} = 30-10$ кбар) с преодолением каденитового барьера в условиях флюидно-магматического взаимодействия возникших расплавов с нижнекоровыми субстратами основания микроплиты.

II. В зонах сжатия - выплавление мантийных базальтовых расплавов происходит с преодолением гиперстенитового барьера ($P_{II} = 5-15$ кбар) в условиях высокой водонасыщенности и взаимодействия с веществом зрелой континентальной коры ($И_{K-Na} \rightarrow C_K \rightarrow Ц_{K-Na}$ серии).

III. Процессы гранитизации в континентальной коре под воздействием глубинных флюидов - последовательное образование: а) раннеколлизионных гранитов IS типа в зонах микроплитового поддвига коры; б) синколлизионных "водных" гранитов S типа за счет метасадочных субстратов; в) позднеколлизионных гранитов I типа над мантийными диапирами за счет нижнекорового субстрата.

Таким образом, эволюция магматических систем (градиенты dP/dT и $P_{фл}$) в условиях коллизионной геодинамики предполагает трехстадийную комбинированную модель: I) парциальное плавление метасоматически переработанного мантийного клина (в зонах сжатия) и восходящих мантийных диапиров (в зонах растяжения) при участии глубинных флюидов, отщепляющихся соответственно из зон субдукции и глубоких че-

стей необедненной мантии; 2) кристаллизационную и флюидно-магматическую дифференциацию; 3) взаимодействия с ниже- и верхнекоровыми субстратами, модифицированными по типу магматического замещения при ограниченной роли ассимиляции (5-10%), Важной предпосылкой эволюции, ВМ магматических систем и появления больших объемов средних-кислых членов во всех сериях является наличие флюидного потока с различными Rb/Sr параметрами, равновесного с источниками исходных расплавов.

Металлогеническая специализация - потенциальная рудоносность габбро-гранитоидных, габбро-монзонит-сиенитовых, щелочносиенитовых серий и поздних плутонических гранитоидов определяется изначальноными изотопно-геохимическими параметрами исходных субстратов и мантийных равновесных флюидов на регрессивной стадии развития. Магматические критерии и сходство трендов магма-металлогенической латеральной зональности относительно границ микроплит позволяют выделить систему активизированных блоков и установить закономерности размещения и перспективы не только разновозрастного $Cu-Mo$ -порфирового, Au -сульфидного, полиметаллического и радиогенного, но и нового для региона $W-Mo$, $Au-Ag$ (C_K серии), литофильно-редкометалльного ($Щ_K, K-Mo$ серии) оруденения.

Формирование крупных $Cu-Mo$ порфировых месторождений, приуроченных к зонам растяжения и ТМА, связано с флюидпорфировыми системами позднеколлизионных (нижний миоцен) гранитоидов аномального геохимического облика ($I_0^{Sr} \leq 0,7040$, высокие концентрации Sr , Rb , Ca , Cr , Pt , Ce). Развитие этих систем шло с привнесом флюидами в очаги плавления некогерентных и рудных элементов из недеплетированного мантийного источника.

Основные работы, опубликованные по теме диссертации:

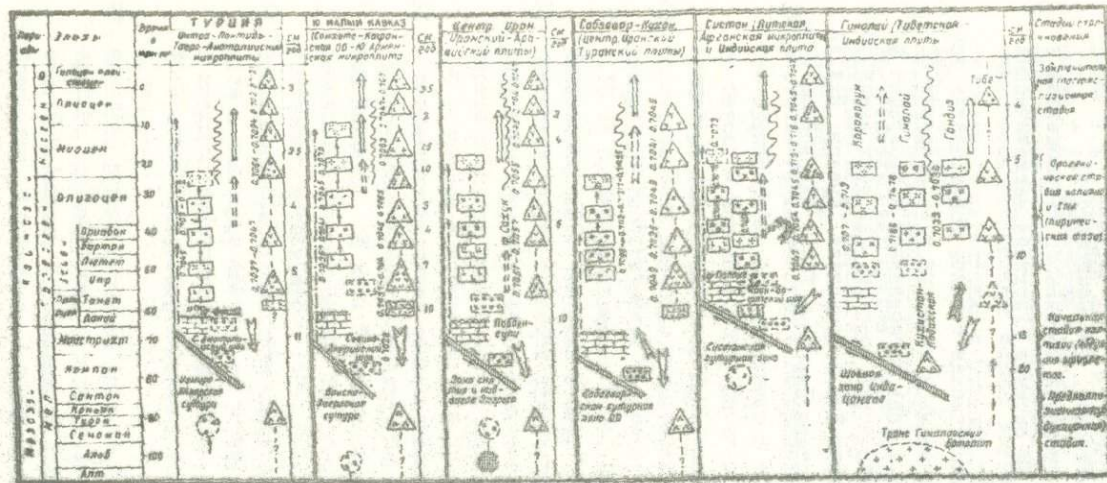
1. Минералого-геохимическая характеристика сложного Мегринского плутона. - Геология Армянской ССР, том Ш. Петрография. Интрузивные породы. - Ереван: Изд. АН АрмССР, 1962, с. 119-143.
2. Петрографические и геохимические особенности специализированных молибденоносных интрузивных комплексов Мегринского плутона (Армянская ССР). - В кн.: Металлогеническая специализация магматических комплексов. М.: Недра, 1964, с. 320-347.
3. Абсолютный возраст и закономерности формирования сложного Мегринского плутона. - Изв. АН АрмССР, т. XVШ, № 3-4, с. 8-26; № 5,

- с.20-38 (соавтор Р.Х.Лукасян).
4. О магматических формациях альпийского тектоно-магматического цикла (Армянская ССР). -- Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 4, 1967, с.15-32 (соавторы Джрбашян Р.Т., Мелконян Р.Л.).
 5. Закономерности распределения акцессорных минералов в гранитоидах Мегринского плутона. - В кн.: Акцессорные минералы изверженных пород. М.: Наука, 1968, с.95-108.
 6. К вопросу о характере генетической связи медно-молибденового оруденения с магматизмом. - Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 2, 1968, с.116-128 (соавтор Л.А.Арутюнян).
 7. Geochemical evolution of the basalt-phonolit series of Tezhsarsk alkalic complex (Armenia) - Abst. Intern.Symposium on Volcanology, Canary Islands 1968, p. 117-119 (with Djerbashian R.T.).
 8. Основные этапы геотектонического развития и магматической деятельности на территории Армянской ССР. - Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, 1968, № 1-2, с.6-39 (соавторы А.А.Габриелян, Г.П.Багдасарян, Р.Т.Джрбашян, К.И.Карапетян, Р.Л.Мелконян, А.Х.Мнацаканян).
 9. Интрузивные комплексы Армянской ССР и их положение в структурно-формационных зонах. - В кн.: Магматизм, метаморфизм и метасоматизм. Тбилиси: Изд.ЦК КП Грузии, 1969, с.281-292.
 10. Проблема происхождения псевдолейцитов и лейцитсодержащих пород Тежсарского щелочного комплекса. - Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 3, 1970, с.61-85.
 11. О блоковом строении Севано-Ширакского синклинория. - Советская геология, № 10, 1971, с.21-30 (соавторы М.А.Фаворская, И.К.Волчанская, О.А.Саркисян, Р.Т.Джрбашян).
 12. Минералогия, геохимия и петрологические особенности Тежсарского щелочного комплекса. - В кн.: Петрология интрузивных комплексов важнейших рудных районов Армянской ССР. Ереван: Изд.АН АрмССР, 1971, с.117-306.
 13. Магматические формации Армянской ССР и связанные с ними полезные ископаемые. - В кн.: Магматизм, формации кристаллических пород и глубины Земли. М.: Наука, 1972, с.122-133 (соавторы Г.П.Багдасарян, С.И.Баласанян, С.Б.Абовян, Р.Т.Джрбашян, А.Х.Мнацаканян, Э.Г.Малхасян и др.).
 14. Некоторые закономерности взаимосвязи тектоники и магматизма геосинклинальной области Малого Кавказа (Армянская ССР). - В кн.: Магматизм и металлогения Армянской ССР. Там же, стр.34-45

- (соавторы Р.Т.Джрбашян, Р.Л.Мелконян).
15. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. - Ереван: Изд.АН АрмССР, 1972, с.5-393 (соавторы И.Г.Магакьян, Г.О.Пиджян, А.С.Фарамазян, Ш.О.Амирян, А.И.Карапетян, В.О.Пароникян, Р.Н.Зарьян, А.Г.Акопян).
 16. Геохимические и петрогенетические особенности щелочной вулканической серии Памбакского хребта. - В кн.: Магматизм и металлогения Армянской ССР. Зап.Арм.отд.ВМО, вып.6, 1974, с.56-66 (соавтор Р.Т.Джрбашян).
 17. Особенности тектоно-магматического развития и закономерности размещения магматизма и оруденения южной части Малого Кавказа (сообщение I и 2). - Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 6, 1975, с.37-69 (соавторы Б.К.Архипов, В.Б.Мещерякова, Г.П.Капралов).
 18. Тектоническое и металлогеническое районирование южной части Малого Кавказа (Армяно-Нахичеванская зона). - Изв.АН СССР, Науки о Земле, № 1, 1977, с.37-49 (соавторы В.Б.Мещерякова, Б.К.Архипов, Г.П.Капралов).
 19. Петрология, минералогия и геохимия интрузий порфировидных гранитоидов Центральной Армении и их металлогеническое значение. - В кн.: Петрология и геохимия интрузивных комплексов некоторых рудных районов Армянской ССР, Ереван: Изд.АН АрмССР, 1976, с.5-136 (соавтор Р.Л.Мелконян).
 20. Петролого-геохимические типы гранитоидов Памбак-Зангезурской зоны Малого Кавказа. - Изв.АН АрмССР, Науки о Земле, № 4-5, 1977, с.63-77.
 21. Genesis of Pambak pseudoleucites (Armenia)-II- General Meeting of International Mineralogical Association, Abst.vol. I, 1978, p. 36-37.
 22. Орбикулярные габброиды Мегринского плутона. - В кн.: Магматизм и рудообразование Армянской ССР. Зап.Арм.отд.ВМО, вып.9, 1978, с.11-24.
 23. Особенности эволюции вулкано-интрузивного магматизма Памбак-Зангезурской зоны. - В кн.: Мезозойский и кайнозойский вулканизм и связанные с ним полезные ископаемые. Тезисы докладов. Тбилиси, 1980, с.150-154.
 24. Основные закономерности становления и происхождения гранитоидных формаций Малого Кавказа. - В кн.: Магматические формации складчатых областей Сибири и проблемы их происхождения и рудоносности. Тезисы докладов, Новосибирск, 1981, с.27-30.

25. Магматические и метаморфические формации Армянской ССР. - Ереван: Изд. АН АрмССР, 1981, с. 5-327 (соавторы Абовян С.Б., Агамалян В.А., Асленян А.Т., Багдасарян Г.П., Джрбашян Р.Т., Казарян Г.А., Карпетян К.И. и др.).
26. Ассоциации акцессорных минералов в различных петро-геохимических типах гранитоидов Малого Кавказа. - В кн.: Акцессорные минералы магматических и метаморфических пород. М.: Наука, 1982, с. 52-66.
27. Петролого-геохимические критерии связи медно-молибденовых рудно-магматических систем с гранитоидами. - Тез. докл. IV Регионального петрографич. совещания по Кавказу, Крыму, Карпатам. Нахичеван, 1983, с. 17-20.
28. Изотопно-геохимические и геохронологические исследования эглогит-амфиболитов, ассоциирующих с офиолитами Севано-Амасийского пояса. - Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 1, 1984, с. 3-22 (соавторы Г.П. Багдасарян, Р.Х. Гукасян).
29. Закономерности эволюции магматизма Малого Кавказа. - XXIV Международный геологический конгресс, т. IV, Тез. докл., 1984, с. 35-37 (соавторы Агамалян В.А., Джрбашян Р.Т., Мелконян Р.Л., Мнацаканян А.Х., Чибухчян З.О.).
30. Изотопный состав стронция кальциевых акцессорных минералов как индикатор генезиса габбро-гранитоидных серий. - В кн.: Акцессорные минералы горных пород. Тез. докл. М.: Наука, 1985, с. 27-30 (соавторы Р.Х. Гукасян, Е.М. Кравченко, А.Н. Кравченко).
31. О петро-геохимической сопряженности орогенных гетерогенных габбро-гранитоидных ассоциаций Памбоя-Зангезурской зоны (Малый Кавказ). - В кн.: Происхождение и эволюция магматических формаций в истории Земли. Тез. докл. УП Всесоюз. петрографич. совещания. Новосибирск, 1986, с. 113-115.
32. Закономерности становления магматических формаций Малого Кавказа и некоторые вопросы геодинамики. - В кн.: Происхождение и эволюция магматических формаций в истории Земли. Тез. докл. УП Всесоюз. петрографич. совещ., том I, Новосибирск, 1986, с. 144-145.
33. Минералы рудных формаций Армянской ССР. Том I и 2. - Изд. АН АрмССР. Ереван, 1986, с. 5-310 (соавторы И.Г. Магакьян, С.Б. Абовян, Ш.О. Амирян, Р.Н. Зарьян, К.А. Карамян, Г.Б. Мешлумян, В.О. Пероникян, Г.О. Пиджан, А.С. Фармазян и др.).

34. Изотопы стронция и петрогенезис высококальциевых вулкано-интрузивных ассоциаций Малого Кавказа. - В кн.: Вопросы геохимии изотопов. Тез. докл. Всесоюз. симпозиума. М., 1986, с. 338-340. (соавторы Л.В. Теусен, Г.С. Парсина, Г.П. Сандимирова).
35. Геохимические и изотопные признаки мантийного метасоматоза и магматизма зон коллизии. - XII семинар "Геохимия магматических пород", М., 1987, с. 17-24.
36. Петрогенетические и минералогические аспекты формирования мелпалеогеновых известково-щелочных и щелочных вулканических серий (Малый Кавказ). - В кн.: Роль региональной петрографии в решении глобальных петрологических проблем. Тез. докл. выездной сессии, посвященной 100-летию В.Н. Лодочникова. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1987, с. 15-17 (соавторы Джрбашян Р.Т., Мнацаканян А.Х.)



Фиг. 1. Схема эволюции вулкано-интрузивного и плутонического магнетизма Альпийско-Гималайского складчатого пояса в зоне столкновения Евразийской, Афро-Аравийской и Индийской плит.

Вулканические серии: 1. *Ини*; 2. *Ижк*; 3. *Ик*; 4. *Ск + Ск-ни*; 5. *Шк-мр*; 6. *Шк*; 7. Дакит-риолитовая (*Ик + Ск*); 8. Щелочно-базальтовый внутриплитный магнетизм; 9. Игнимбри притоацитовой составе в низах зононой толщи. Интрузивные формации: 10. Габбро-тонелит-гранодиоритовая. 11. Габброиды: а) плутонической и б) вулкано-интрузивной групп. 12. Диорит-гранодиоритовая; 13. Монзонит-сиенит-гранитовая, 14. Граносиенит-гранитовая (*Ск*); 15. Синколлизионные коронные граниты. 16. Гранодиорит-гранит-порфировая. 17. Гранит зейногранитовая. 18. Щелочно-гранитовая. 19. Радкометаллю-гранитовая. 20. Базитовые диопиры. 21. Высокобарный глиукофановый метаморфизм. 22. Низкобарно-высокоп метаморфизм. 23. Время начала и 24. Продолжительность субдукции. 25. Направление обдукции. 26. Сдвиговые деформации. 27. Послеколлизионные вздымания. 28. Нижние молассы. 29. Деформации и утолщения коры. 30. Величина отклонения $\delta \sigma / \sigma_{ср}$. 31. Карбонатная толща, перекрывающая зону коллизии.

Таблица I

Латеральные и вертикальные ряды магматических формаций складчато-глибовой зоны Армении в пределах Малого Кавказа

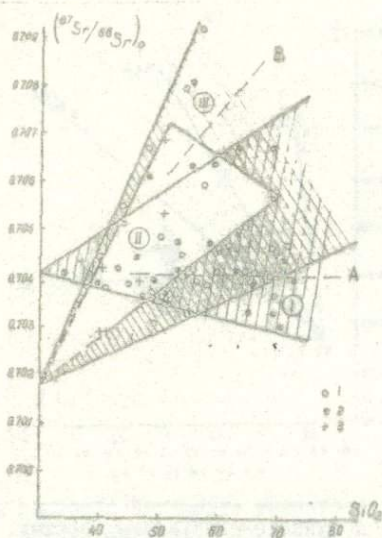
Этап	Структурно-формационные зоны					
	позд. Стадии орог.	позд. Стадии орог.	позд. Стадии орог.	позд. Стадии орог.		
Континентальный	Коллизионная - орогенная активизация (ранняя)	Коллизионная - орогенная активизация (поздняя)	Базумо-Севанская			
			Регионально-магматические формации (комплексы)	Тип сед. порр.	К-Аг довр.	Ср. знач. τ_{3r}
Континентальный	Коллизионная - орогенная активизация (ранняя)	Коллизионная - орогенная активизация (поздняя)	Андезит-дацит-риолитовая (Шажунк, Каразач)	И _к	5,5	0,70960
			Риодацитовая (Кабахлу)	И _{к-н}	12,5	-
			Трахиацит-трахириолит-порфир. (Варденис)	И _к	22,5	-
			Трахиадезит-трахириодацитовая (Гетик)	С _к	-	-
			Латит-К-риодацитовая	И _к	27,2	-
			Гранит-гранодиорит-порфировая (Шамаха, Мисхана)	И _к	30,5	0,70393
			Нобелин-псевдолейцит-сфенитов. Шошонит-трахит-фонолитовая (Техсар, Буцдук)	Ш _к	37,5 38,0	0,70485 0,70833
			Монзонит-сфенит-гранитовая Трахиандезит-трахириолитовая (Ахавшадор, Гехарот, Гейкенц)	С _к	38,0 39,0	0,70422 0,70477
			Диорит-гранодиорит-гранитовая Андезит-дацит-риолитовая (Бенадор, Деджан, Малвар)	И _{к-н}	38,5 39,0	0,70413 0,70406
			Переходный	Коллизионная - орогенная активизация (поздняя)	Коллизионная - орогенная активизация (поздняя)	Габбро-диорит-гранодиоритовая
Базальт-андезит-риодацитовая (Детжали, Головино, Тутхун)	И _{к-н}	45,0				0,70372
Гранит-мигматитовая	И _{к-н}	41,3				0,70950
Габбро-диорит-тоналитовая	Т _{к-н}	47,0				0,70372
Базальт (?) - риодацитовая (Сувни-Масият-Арманис, Артанис-Бад)	Т _{к-н}	48,3				-
Океанский	Коллизионная - орогенная активизация (поздняя)	Коллизионная - орогенная активизация (поздняя)	Плаукобенланцевый метаморфизм	Т _{к-н}	61-67	0,70565
			Севано-Масиятская офиолитовая зона (сутура), ограничивающая микроконтинент с СВ	Т _{к-н} И _{к-н}	100-92	0,70285

Примечание: [- вулcano-плутонические формации (ассоциации); == - верхнеэононская карбонатная толща, перекрывающая зону коллизии дуга-микроконтинент; = = - нижняя моласса; ~ - верхняя моласса; - - - - - флиш.

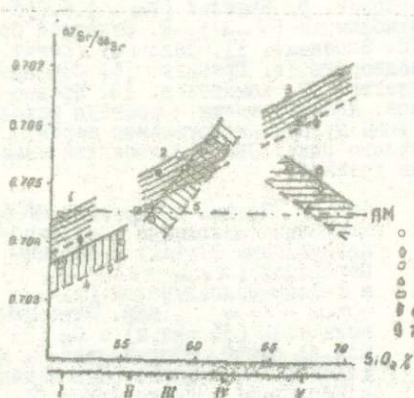
(продолжение таблицы 1.1)

Стадии	Статус	Т-М. П.	Структурно-формационные зоны					
			Цахкунк-Зангезурская (Цено-Атметский блок)	Тип сер.	к-др. возр.	Ср. знач. τ_{50}		
			Регионально-магматические формации (комплексы)					
Океан-скый докол-лизий-свая	переходный	позд. орог.	Габбро-диорит-гранодиоритовая Андезит-дацит-риолитовая (Вагашен, Караберд, Базенк)	И _к	5,5 5,5	-		
			позднеколлимональная	позд. орог.	Фойдово-сиенит-порфировая Трахиандезит-фонолитовая (Веди, Аллакер)	Ш _к	12,0 12,7	-
					раннеорогенная активизация (позняя)	позд. орог.	Габбро-эссексит-монцитовая Трахибазальт-трахит-трахириол. (Кахкраджур, Эльми, Веди)	Ш _{к-н}
			раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.			Гранит-гранодиорит-порфировая Андезит-дацит-риолитовая (Базарчай, Биченаг, Бердик, Сальварт)	И _{к-н}
					раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.	Гранит-гранодиоритовая (Вохчи, Казанлич, Шенатаг) Латит-К-риодацитовая (Зейта, Анрежакот, Джамал, Ават)	И _к
			раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.			Сиенит-граносиенит-гранитовая Латит-трахириолитовая (Далидаг, Газма, Зирак, Ахлатян)	С _к
					раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.	Габбро-монцит-сиенитовая Трахибазальт-трахиандезитовая (Базарчай, Джермук, Капджаран, Кялы)	С _{к-н}
			раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.			Монцитдиорит-граносиенитовая Базальт-андезит-дацитовая (Гехи, Лернашен, Аравус-Дастакерт, Нор-Аревик-Агарак)	И _{к-н}
					раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.	Габбро-сиенитовая Трахибазальт-трахиандезитовая (Сваранд, Арамазд, Камакер-Швандзор)	С _{к-н}
			раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.			Плагитогранит-мигматитовая (Малев)	И _н
раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.	Габбро-тоналит-гранитная (Дарабас, Ковшут, Мазра, Пазмара-Сох)			Т _{к-н}	46,0	0,70420	
		раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.	Базальт-андезит-базальтовая	Т _{к-н}	49-56	0,70389	
раннеорогенная активизация (ранняя)	позд. орог.			Еревано-Ордубадская-офиолитовая зона (сутура), ограничивающая микроконтинент с Ю	Т _н С _н № 102-93 И _н			

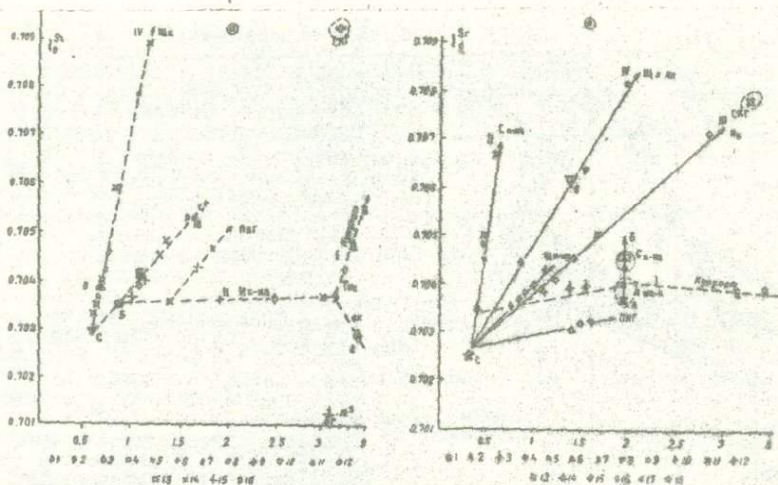
2. Петрохимические серии: Т-толейтовая, И-известково-щелочная, С-субщелочная, Ш-щелочная. 3. Средние значения абсолютного возраста формаций рассчитаны по данным



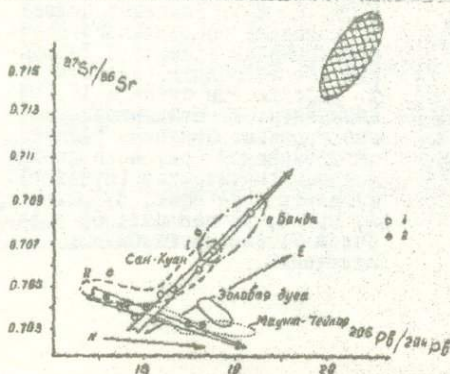
Фиг. 2. Тренды вариаций $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в зависимости от возрастания кремнекислоты в возрастных рядах вулкано-интрузивных формаций, серий: I. Вайк-Зангезурской зоны преобладающего растяжения ($T_{\text{ма-к}} \rightarrow C_{\text{к-на}} \rightarrow И_{\text{к-на}}$). II. Севано-Амассийской офиолитовой шовной зоны ($T_{\text{ма}} \rightarrow T_{\text{ма-к}} \rightarrow C_{\text{к-на}}$). III. Базумо-Севанской зоны сжатия ($И_{\text{к-на}} \rightarrow C_{\text{к}} \rightarrow Ш_{\text{к}}$). На диаграмме показаны тренды (пунктир): типа *Ta Ca sea* (Новая Британия) - дифференциации и фракционной кристаллизации при субдукции переходной и океанической коры; В. Тип *Sa ggeo* (Перу) - то же в АКО при субдукции в 60 км от края океана (*Brigues et al., 1977*). Значения, отсекаемые на оси ординат, близки к параметрам необедненной (I) и обедненной (III) мантии.



Фиг. 3. Трехстадийная дискретная эволюция изотопного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в "сквозных" кальциевых акцессорных минералах и интрузивных сериях. А - Вайк-Зангезурской зоны растяжения (1. $T_{\text{ма-к}}$ 2. $C_{\text{к-на}}$ 3. $И_{\text{к-на}}$). Б. Базумо-Севанской зоны сжатия (4. $И_{\text{к-на}}$ 5. $C_{\text{к}}$ 6. $Ш_{\text{к}}$). Римскими цифрами показаны последовательность формирования (фазы): I. Габброиды. П. Монцитоны (диориты). III. Нефелиновые сиениты. IV. Граносиениты. У. Позднеколлизионные граниты. Минералы ранне-магматической (сплошная линия) позднемагматической (пунктир): 1) влатит; 2) фен; 3) флюорит; 4) ортит; 5) кальцит; 6) амфибол и 7) биотит глубоководных вclusions.



Фиг. 4. Тренды изменения первичных изотопных отношений стронция в зависимости от концентрации ($1/\sigma_r$) в вулкано-интрузивных сериях. а) Безумо-Севанская зона (сжатия): 1) Перидотит, 2) Габбро-диорит, 3) Габбро-Бни-Амф, 4) Базальт ($Ик-Ма$), 5) Кварцевый диорит, 6) Гранодиорит, 7) Латит ($Ск$), 8) Монцитит, 9) Сиенит, 10) К-базальт-шононит ($Шк$), 11) Шел. трахит ($Шк$), 12) Фанолит лейцитовый, 13) Поздололейцитовый сиенит, 14) Кв. сиенит, 15) Гранит, 16) Лампрофит, б) Вейк-Зангезурская зона (растяжения): 1. Оливинит, 2. Ол-клинопироксенит, 3. Ол-габро, 4. Анортозит, 5. Базальт ($Тал-к$), 6. Субщелочной базальт ($Ск-Ма$), 7. Трахитбазальт ($Ск-Ма$), 8. Щелочной базальт ($Шк-Ма$); 9. Монцогаббро, 10. Всесекит, 11. Щелочной сиенит, 12. Нефелиновый сиенит, 13. Гранодиорит, 14. Граниты, 15. Порфиритовидные монцогранодиориты, 16. Минетта, 17. Комптонит, 18. Предлагаемый состав мантийного диапира. Двойные знаки - составы исходных для серии расплавов. I-IV - типы вулкано-интрузивных серий нормального, субщелочного и щелочного ряда, СКГ - синколлизионные граниты, ПКГ - позднеколлизионные граниты.



Фиг. 5. Тренды ковариаций $87Sr/86Sr$ изотопных отношений в вулкано-интрузивных сериях: А-Безумо-Севанской ($Ик-Ма \rightarrow Ск \rightarrow Шк$) и В-Вейк-Зангезурской ($Тал-к \rightarrow Ск-Ма \rightarrow Ик-Ма$) зон. Выделены поля $Ик-Ма$ (35 млн. л) и $Ск$ (25 млн. л) серий, сформированных на докембрийских щитах (Нью-Мексико и Колорадо) и современных ОД средиземноморского типа. - о. Банда (Индонезия) и Золотой дуги, находящихся на стадии коллизии. Для первых предполагается вовлечение в магмогенез континентальных осадков при субдукции, для вторых - подвиг континентальной микроплиты под субокеаническую (Leelan W.A., 1981).

Заказ № 832 Печатных лист. 2,0 Тираж 100

Арм ЦИОТ цветмет

г. Ереван, 375051, ул. Комитаса 49

