

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи



Садыхов Эмин Али оглы

**МЕЗОЗОЙСКИЕ ПЛУТОНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ
ЛОК-ГАРАБАГСКОЙ ЗОНЫ МАЛОГО КАВКАЗА: ГЕОХИМИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА, ВОЗРАСТ И МАГМАТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ**

Специальность 25.00.04 – Петрология, вулканология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского»

Научный руководитель:

Шарпенок Людмила Николаевна
доктор геолого-минералогических наук, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского

Официальные оппоненты:

Конопелько Дмитрий Леонидович
кандидат геолого-минералогических наук, кафедра региональной геологии Санкт-Петербургского государственного университета, доцент

Лучицкая Марина Валентиновна
доктор геолого-минералогических наук, Геологический институт РАН, главный научный сотрудник

Бычков Андрей Юрьевич
доктор геолого-минералогических наук, кафедра геохимии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, профессор

Защита диссертации состоится 10 апреля 2020 года в 16-00 на заседании диссертационного совета МГУ.04.02 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, г. Москва, Ленинские горы д. 1, МГУ имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, ауд. 415.

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на сайте «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/dissertations/276067994/>

Автореферат разослан «02» марта 2020 г.

E-mail: msu.04.02@mail.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор химических наук



Е.Л. Белоконева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В Азербайджанском сегменте Лок-Гарабагской (Сомхето-Карабахской) зоны Малого Кавказа развиты многочисленные магматические образования, формировавшиеся на протяжении 40 млн лет в условиях субдукционной обстановки в мезозойское время [Adamia et al., 2011; Sharkov et al., 2015; Forte et al., 2010; Cowgill et al., 2016; Rolland et al., 2012, 2017]. В Лок-Гарабагской зоне Малого Кавказа присутствуют три мезозойских plutonic complexes: плагиогранитовый комплекс, представленный Атабек-Славянским и Гидамбирским массивами, габбро-тоналитовый, который включает массивы Гедабек (Кедабек), Барум, Габахтепе, Баян, Новогореловка, Дашбулаг и габбро-гранитовый, включающий типовой массив Дашкесан. Важнейшими источниками информации при изучении магматизма островодужных систем и палеореконструкций традиционно являются изучение вещественного состава и пространственно-временных взаимоотношений вулканических пород. Однако эволюция и характер интрузивного магматизма намного меньше охвачены исследованиями, ставящими целью реконструкцию процессов развития островодужных систем. Это объясняется в первую очередь разными объемами продуктов интрузивного и эффузивного магматизма, не всегда удовлетворительной обнаженностью, а также недостаточно хорошей сохранностью пород, особенно в древних палеодугах.

Изученные мезозойские plutonic complexes Лок-Гарабагской зоны демонстрируют широкую вариативность интрузивных пород – от основных до ультракислых, которые развиты на относительно небольшой территории и при этом сформировались в течение длительного периода времени.

Рассматриваемые в диссертации магматические комплексы являются уникальными объектами, позволяющими выявить закономерности и эволюцию субдукционного интрузивного магматизма в мезозойское время в Лок-Гарабагском сегменте Малого Кавказа, и, таким образом, уточнить историю развития окраины Евразийского континента. Это определяет актуальность работы.

Цели и задачи исследования. Главные цели работы - установление особенностей условий формирования пород мезозойских комплексов, а также выявления закономерностей и характера эволюции мезозойского интрузивного магматизма Малого Кавказа. Объектами исследования являются интрузивные породы плагиогранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов. Достижение поставленных целей потребовало комплексного подхода к решению методически взаимосвязанных задач, главными из которых являются:

1. выявление геохимических особенностей всех типов пород мезозойских plutonic complexes в Лок-Гарабагской зоне Малого Кавказа;
2. определение возраста становления массивов, относящихся к трем рассматриваемым комплексам – плагиогранитовому, габбро-тоналитовому и габбро-гранитовому;

3. определение геодинамической обстановки их формирования и выявление источников магматических пород рассматриваемых плутонических комплексов.

Фактический материал

Работа выполнена в отделе петрологии Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). В основу диссертационной работы положены: 1) фактический материал, собранный автором на территории Азербайджанского сегмента Лок-Гарабагской островной дуги при проведении полевых работ (2011-2016 гг.) в составе Малокавказской геологоразведочной группы Министерства природных ресурсов Азербайджана под руководством начальника партии Фахрадина Абдуллаева и академика Национальной академии наук Азербайджана Арифа Джафаровича Исмаила-заде (всего 5 полевых сезонов); 2) результаты, полученные при лабораторно-аналитических исследованиях собранного каменного материала.

Для решения поставленных задач использованы 1) результаты полевых наблюдений (геологические соотношения разных типов пород, детальные описания керна скважин, геологические разрезы и т.п.); 2) результаты изучения методами оптической микроскопии более 120 прозрачно-полированных шлифов; 3) аналитические данные: а) более 110 химических анализов породообразующих минералов, полученных электронно-зондовым методом в научном ресурсном центре СПбГУ «Геомодель», б) результаты химического анализа более 100 проб (XRF - петрогенные оксиды, ICP MS и AA - рассеянные и редкоземельные элементы), проведенного в Центральной аналитической лаборатории ВСЕГЕИ; в) 11 определений изотопного состава Nd и Sr, выполненных в Геологическом институте Кольского научного центра РАН; г) 20 оценок возраста (U-Th-Pb, циркон, SIMS), полученных с помощью вторично-ионного масс-спектрометра SHRIMP II в ЦИИ ВСЕГЕИ. Методология исследования для всех трех исследуемых магматических комплексов (плагиогранитового, габбро-тоналитового, габбро-гранитового) заключалась в обработке аналитических данных по одному и тому же алгоритму, с использованием соответствующих решаемым задачам методов. Кроме того, применялись методы статистического, в том числе многомерного анализа.

Защищаемые положения

1. Породы плагиогранитового комплекса (Гидамбирский и Атабек-Славянский массивы) сформировались во временном интервале $166 \pm 1 - 176 \pm 6$ млн лет. Становление интрузивов габбро-тоналитового (Гедабек, Барум, Габахтепе, Дашбулаг, Баян) и габбро-гранитового (Дашкесан) комплексов произошло в интервалах $144 \pm 1 - 159 \pm 1$ и $138 \pm 2 - 143 \pm 2$ млн лет соответственно.

2. Геохимическая эволюция мезозойского интрузивного магматизма Лок-Гарабагской зоны Малого Кавказа проявлена в последовательной смене низкощелочных низкокалиевых интрузивных пород через нормальные к высококалиевым умереннощелочным и в увеличении содержаний крупноионных литофильных элементов (K, Rb, Ba, Sr, Pb), высоkozарядных (Y, Th, U, Zr, Hf, Ti,

Nb, Ta) и редкоземельных элементов. Плагиигранитовый, габбро-тоналитовый и габбро-гранитовые магматические комплексы геохимически индивидуальны, что отражает дискретный характер эволюции магматизма.

3. Родоначальные расплавы магматических пород плагиигранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового мезозойских комплексов Малого Кавказа выплавлялись из мантийного источника и контаминировались коровым материалом докембрийских и мезозойских пород в условиях островной дуги.

Научная новизна

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в восстановлении последовательности формирования мезозойских интрузивных пород Лок-Гарабагской зоны Малого Кавказа с выявлением тренда магматической эволюции, что в свою очередь, позволяет проследить формирование мезозойской островной дуги и уточнении геологической истории окраины Евразийского (Лавразии) континента.

Впервые получены соответствующие современным требованиям оценки возраста (U-Th-Pb по циркону, SIMS) становления массивов Гидамбир, Атабек-Славянка (плагиигранитовый комплекс), Габахтепе, Гедабек, Барум (габбро-тоналитовый комплекс) и Дашкесан (габбро-гранитовый комплекс).

2. Впервые для интрузивных пород рассматриваемых массивов получены изотопно-геохимические (Sm-Nd и Rb-Sr) характеристики, что в совокупности с геохимическими данными позволило подойти к оценке изменения состава источников пород рассматриваемых комплексов во времени.

3. На основе обобщения полученных геохимических, изотопно-геохимических и геохронологических данных предложена модель развития Лок-Гарабагской островной дуги.

4. На основе геохимического моделирования подтверждены представления о «гибридной» природе магматических пород Дашкесана.

Практическая значимость

Полученные в ходе проведенных исследований результаты могут быть использованы при проведении геолого-съёмочных и картосоставительских работ на Малом Кавказе, в частности, для уточнения легенд к геологическим картам. Также следует отметить, что рассмотренные в диссертации мезозойские интрузии являются источником рудных полезных ископаемых и перспективны на выявление новых коренных месторождений золота и полиметаллических руд. В связи с этим полученные результаты могут быть использованы при металлогеническом анализе региона.

Объем и структура работы

Диссертационная работа общим объемом 189 страниц состоит из оглавления, введения, шести глав, заключения, списка литературы из 136 наименований и приложения. В первой главе приводится краткий обзор аналитических методик. Вторая глава посвящена геологическому строению Азербайджанского сегмента Лок-Гарабагской тектонической зоны (тектоника, стратиграфия, магматизм). В главах 3-5 рассмотрены петрографические характеристики, геохимические

характеристики, результаты геохронологических исследований, геодинамическая обстановка формирования и источники родоначального расплава пород плагиогранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов соответственно. Глава 6 посвящена сравнительному анализу характеристик пород всех рассмотренных комплексов и обобщению полученных данных. Защищаемые положения обосновываются в главах 3-6.

Публикации и апробация результатов работы

Степень достоверности положений в диссертационной работе определяется полнотой рассмотренного материала и верификацией с изученными аналогичными объектами. По вопросам, затронутым в диссертации, опубликовано 13 работ, включая 4 статьи. Основные положения диссертационной работы представлялись на Конференции молодых ученых (Санкт-Петербургский государственный университет, 2014), Международной конференции молодых ученых им. Карпинского (ВСЕГЕИ, 2015, 2017), 35-ом Международном геологическом конгрессе (Кейптаун, ЮАР, 2016), XXVII Всероссийской молодежной конференции «Строение литосферы и геодинамика», (Иркутск, 2017) и X Всероссийской школе молодых ученых «Экспериментальная минералогия, петрология и геохимия» (Черноголовка, 2019).

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю доктору геол.-мин. наук Л.Н. Шарпенюк. Отдельную признательность автор выражает доктору геол.-мин.наук. С.Д. Великославинскому за ценные советы, критику на всех этапах подготовки работы. Кандидатам геол.-мин. наук В.В. Шатову и Н.В. Шатовой автор благодарен за неоценимую помощь при проведении аналитических исследований и всестороннюю поддержку, а начальнику геофизической партии при Министерстве экологии и природных ресурсов Азербайджана Фахрадину Абдуллаеву и академику Национальной академии наук Азербайджана (НАНА, Баку) Арифу Джафаровичу Исмаил-заде за организацию полевых работ и помощь в отборе каменного материала. Также автор выражает глубокую благодарность сотрудникам отдела аспирантуры ВСЕГЕИ кандидатам геол.-мин. наук заведующей отдела Л.И. Лукьяновой и Н.В. Андреевой. Автор признателен за консультации и конструктивную критику докторам геол.-мин. наук чл.-корр. НАНА Т.Н. Кенгерли, Д.А. Гусенову (ГИА, Баку), Б.А. Блюману (ВСЕГЕИ, Ст.-Петербург), Г.С. Биске, А.К. Худолею (СПбГУ, Ст.-Петербург), проф. Р. Мортису (Университет Женева), А.Б. Котову, (ИГГД РАН, Ст.-Петербург), кандидатам геол.-мин. наук В.В. Иваникову (СПбГУ, Ст.-Петербург), П.Я. Азимову, И.С. Патине (ГИН РАН, Москва), А.А. Велиеву (АИМС, Баку), а также коллегам по ВСЕГЕИ за ценные советы и проявленный интерес - кандидатам геол.-мин. наук А.С. Застрожнову, М.В. Наумову, К.И. Лохову, С.А. Сергееву и заведующему сектором изотопных исследований А.В. Антонову.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО СЕГМЕНТА ЛОК-ГАРАБАГСКОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Рассматриваемые в настоящей работе интрузивы развиты в Азербайджанском сегменте Лок-Гарабагской (Сомхето-Карабахской) тектонической зоны (горно-

складчатая система Малого Кавказа). Лок-Гарабагская зона в целом является одним из крупных орогенов Альпийско-Гималайского пояса, сформированного вдоль южной континентальной окраины Евразии (рис.1, *а*) и прослеживаемого на расстояние более 1000 км. На территории Азербайджана представлен достаточно крупный сегмент этой зоны длиной более 290 км, простирающийся вдоль южного борта Куринской межгорной впадины. Согласно данным многих исследователей [Adamia et.al 2011; Sharkov, Lebedev et.al 2015; Forte et al., 2010; Cowgill et al., 2016; Rolland et al., 2017] Лок-Гарабагская (Сомхето-Карабахская) тектоническая зона в настоящее время рассматривается как мезозойская палеоостровная дуга, возникшая в результате субдукции океанической коры Неотетиса, разделявшего Гондвану и Лавразию. Субдукция Неотетиса началась в ранней юре и полностью завершилась коллизией континентального Таврид-Анатолидского блока – фрагмента Гондваны [Knipper and Khain, 1980] и Евразийской плиты в интервале поздний мел – ранний палеоцен на востоке [Hässig et al., 2015; Rolland et al., 2012, 2017; Sosson et al., 2010] и в интервале палеоцен – эоцен на западе [Okay and Nikishin, 2015].

На территории Азербайджана в строении Лок-Гарабагской зоны принимают участие докембрийско-эопалеозойские комплексы кристаллического фундамента и собственно островодужный альпийский структурно-вещественный комплекс общей мощностью более 6 км, представленный сланцевой, базальтово-риолитовой и известняковой (рифовой) – пирокластической формациями юры и меловыми терригенно-мергельной и вулканогенной формациями.

Наиболее древними из рассматриваемых интрузий являются среднеюрские плагиогранитовые — Атабекский – 80 км², Гилянбирский – 16 км² и другие мелкие массивы [Геология Азербайджана, т. III, 2005], выделяемые в объеме байосского плагиогранитового комплекса (рис.1, *б*). Породы размещаются среди байосских эффузивов, представленных андезитобазальт-плагиориолитовой серией, конечные дифференциаты которой рассматриваются как комагматы интрузивных пород плагиогранитового комплекса [Мустафаев, 1977, 1982, 1988]. Массивы плагиогранитового комплекса сложены средне-крупнозернистыми порфировидными плагиогранитами и средне-мелкозернистыми лейкоплагиогранитами [Мустафаев, 1977; Абдуллаев и др., 1988].

В состав габбро-тоналитового комплекса объединены массивы Гедабек площадью 40 км², Габахтепе – 32 км², Баян – 4 км², Барум – 20 км² и Ново-Гореловский – 7 км² (рис. 1, *б*). Массивы этого комплекса обычно имеют удлиненную штокообразную удлиненную форму, вытянутую в субширотном направлении согласно осям складок вмещающих пород. Вмещающими породами являются среднеюрские эффузивно-пирокластические образования, а также верхнеюрские терригенно-осадочные породы, которые на контактах с интрузиями часто скарнированы или ороговикованы [Геология Азербайджана, т. III, 2005]. Породы ранних фаз в двухфазных массивах (Гедабек) представлены габбро и габбродиоритами, а поздних – диоритами, кварцевыми диоритами, гранодиоритами и тоналитами [Керимов, 1963; Мустафаев, 1977].

Габбро-гранитовый комплекс представлен Дашкесанским массивом (рис. 1, б) площадью 38 км², локализованный в пределах одноименного Дашкесанского синклиория, имеющего юго-восточное простирание и сложенного верхнеюрскими отложениями, разрез которых начинается глинами келловея, наращивается известняками оксфорда и венчается туфогенными образованиями киммериджа. Интрузивные породы Дашкесана прорывают вмещающие нижнемеловые породы, представленные вулканогенно-осадочными (туфопесчанники) и вулканогенными (андезиты, андезибазальты, туфы) породами, и оказывают на них контактовое метаморфическое воздействие, образуя обширные поля скарнов на контактах с оксфордскими известняками [Марфуния, 1955; Кашкай, 1965].

Массив Дашкесан многофазный. Первая фаза это габброиды (рогообманковые габбро, габбро-нориты, нориты, кварцевые габбро, монцогаббро, габбродiorиты), составляющие около 20% объема массива. Вторая фаза – монцодиориты, тоналиты, кварцевые диориты, диориты, граносиениты, гранодиориты и граниты. Наиболее широко распространены гранодиориты, занимая около 70% объема массива. Тоналиты и кварцевые диориты слагают краевые фации. Третья фаза представлена жильными гранитами и аплитами и составляет менее 10% объема массива. Гранит-аплиты и аляскиты этой фазы образуют маломощные (от 2–3 см до 1 м) аплитовидные жилы, прорывающие как гранитоиды второй фазы, так и габброиды первой фазы [Кашкай 1965]. Дайки, пересекающие массив, обычно выделяют в составе дайкового комплекса. Породы каждой последующей фазы прорывают предыдущие и содержат их ксенолиты. Породы всех трех фаз в целом образуют гомодромный ряд [Кашкай, 1965; Шипулин, 1968]. Часто отмечаются также признаки магматического смешения (миксинг/миглинг), указывающие на формирование массива в результате кристаллизации двух расплавов [Кашкай, 1965].

Породы всех рассматриваемых в работе массивов испытали складчатые деформации совместно с вмещающими породами, что предполагает формирование массивов на доколлизийной стадии формирования Лок-Гарабагской островодужной системы.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1. Породы плагиогранитового комплекса (Гидамбирский и Атабек-Славянский массивы) сформировались во временном интервале $166 \pm 1 - 176 \pm 6$ млн лет. Становление интрузивов габбро-тоналитового (Гедабек, Барум, Габахтепе, Дашбулаг, Баян) и габбро-гранитового (Дашкесан) комплексов произошло в интервалах $144 \pm 1 - 159 \pm 1$ и $138 \pm 2 - 143 \pm 2$ млн лет соответственно.

Существующие представления о последовательности и возрасте становления массивов плагиогранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов Лок-Гарабагской дуги существенно уточнены результатами U-Th-Pb геохронологических исследований циркона (SIMS). Геохронологические данные были получены для циркона из 20 представительных проб (табл. 1), диаграммы с

конкордиями представительных образцов - рис.2. Возраст формирования самого древнего из исследуемых комплексов (плагиигранитового) определяется интервалом 166 ± 1 – 176 ± 6 млн лет. Циркон из плагиигранитов первой фазы представлен мелкими (30–150 мкм) кристаллами и их обломками; во многих сохраняются следы магматической зональности. Для циркона характерны высокие содержания урана и тория $U=510$ – 2570 г/т и $Th=480$ – 2820 г/т.

Циркон из лейкоплагиигранитов (вторая фаза) представлен более крупными (100–250 мкм) идиоморфными кристаллами с отчетливой магматической зональностью и значительно более низким содержанием $U=80$ – 410 г/т и $Th=30$ – 310 г/т.

Следующий этап интрузивного магматизма (формирование массивов габбро-тоналитового комплекса) соответствует временному интервалу 144 ± 1 – 159 ± 1 млн лет. Циркон из гранодиоритов представлен крупными (100–250 мкм) идиоморфными длиннопризматическими кристаллами с хорошо развитыми гранями призмы и дипирамиды с отчетливой магматической зональностью, характеризуются низкими содержаниями U (80–260 г/т) и Th (30–200 г/т). Циркон из диоритов представлен мелкими (30–100 мкм) менее идиоморфными короткопризматическими, реже округлыми кристаллами. Для него характерны в целом низкие содержания U (в среднем 280 г/т) и Th (в среднем 240 г/т). Циркон из трех образцов (№5 – аплитовая дайка, №11 – габбродиорит, №12 – диорит) характеризуется аномально высокими содержаниями U (1800–8300 ppm), а образец №37 представлен только двумя зернами с аномально высокими содержаниями свинца $^{206}Pb=13$ –28%. В связи с чем, полученные оценки возраста по этим образцам были отбракованы.

Формирование пород массива Дашкесан (габбро-гранитовый комплекс) оценивается интервалом 138 ± 2 – 143 ± 2 млн лет. Циркон из гранодиоритов и гранитов представлен идиоморфными коротко- и длиннопризматическими кристаллами размером 50–150 мкм с хорошей магматической зональностью. Для него характерны низкие содержания U (70–400 г/т) и Th (40–650 г/т), что чуть выше, чем у циркона из пород габбро-тоналитового комплекса. В режиме катодOLUMИНИСценции зерна циркона имеют слабое свечение, серые, темные до черных с яркими участками и каймами обрастания, со следами тонкой зональности, иногда в зернах отмечается секториальная зональность. Оценка возраста для циркона из пробы №13 – 148 ± 2 млн лет. Принимая во внимание, что этот циркон характеризуется максимальными содержаниями U и Th (в среднем в 4–5 раз больше, чем в других исследованных пробах ($U=485$ – 3574 г/т, $Th=453$ – 5128 г/т)) можно полагать, что оценка возраста завышена за счет матричного эффекта [Williams, Hergt, 2000].

Кроме того, обнаружены два захваченных зерна древнего циркона (проба №44-плагиигранит (44.6.1) с возрастом 887 ± 8 млн лет и проба №13-гранодиорит (13_4.1) с возрастом 2302 ± 32 млн лет).

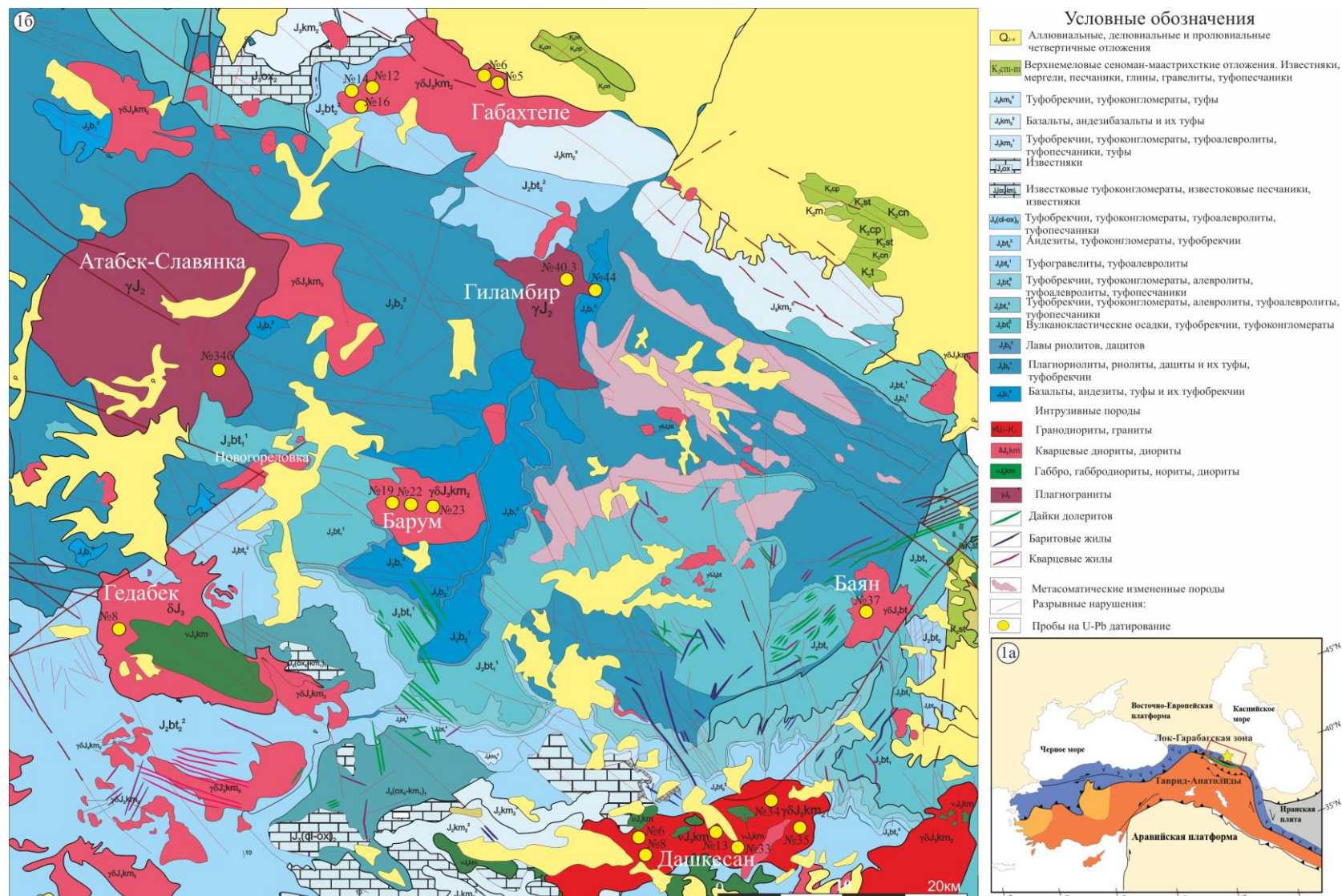


Рисунок 1а Тектоническая схема Черноморско-Каспийского региона с небольшими изменениями [Sossion et al., 2010] с изменениями Садыхов Э.А.

Рисунок 16 Схематическая геологическая карта района работ

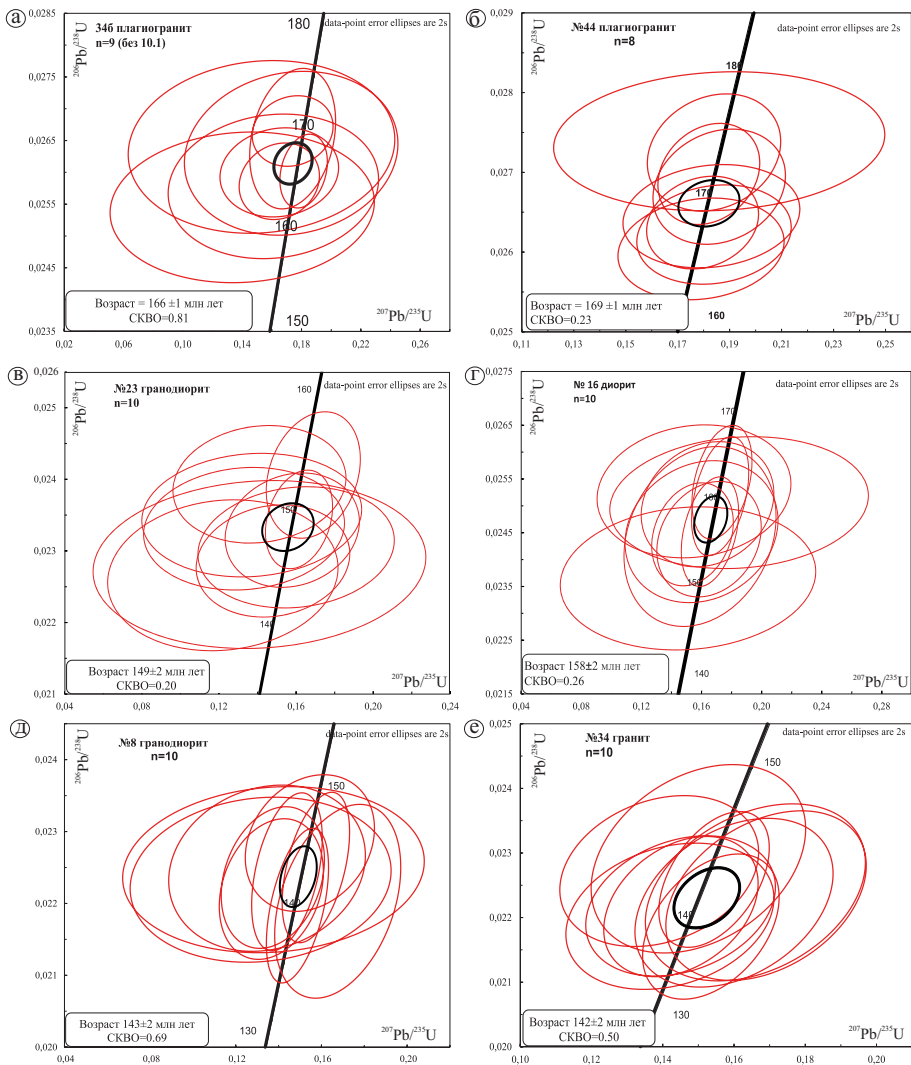


Рисунок 2. Диаграммы с конкордией для циркона представительных образцов интрузивных пород Лок-Гарабагзской зоны:

а, б –плагиигранитовый комплекс; в, г габбро-тоналитовый комплекс; д, е – габбро-гранитовый комплекс

Овальное зерно (44.6.1) в режиме катодOLUMИНИСценции имеет светлую каемку и черный центр с включениями, характеризуется ярким свечением краев. Зерно 13_14.1 имеет более крупный размер, удлиненную форму, следы зональности, наличие включений в центре, темную каемку. Для этих захваченных зерен отмечаются низкие содержания урана и тория. Зерно 13_4.1 характеризуется крайне низкими содержаниями урана и тория ($U=69$ г/т и $Th=45$ г/т). В зерне 44.6.1 – они несколько выше $U=434$ г/т, $Th=393$ г/т. Зерна циркона с протерозойским возрастом следует рассматривать как ксеногенные, захваченные, скорее всего, из пород метаморфического фундамента.

Полученные для пород плагиигранитового комплекса геохронологические данные в совокупности с данными о геологической истории формирования и развития Лок-Гарабагской островной дуги и представлении о комагматичности пород плагиигранитового комплекса и вмещающих байосских эффузивов, позволяют утверждать, что интрузии плагиигранитового комплекса сформированы на начальной стадии развития Лок-Гарабагской островной дуги. Оценки возраста становления интрузий габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов и геохимические характеристики входящих в состав комплексов пород позволяют предполагать их последовательное формирование на зрелой стадии развития Лок-Гарабагской островной дуги.

2. Геохимическая эволюция мезозойского интрузивного магматизма Лок-Гарабагской зоны Малого Кавказа проявлена в последовательной смене низкощелочных низкокалийевых интрузивных пород через нормальные к высококалийевым умереннощелочным и в увеличении содержаний крупноионных литофильных элементов (K, Rb, Ba, Sr, Pb), высокозарядных (Y, Th, U, Zr, Hf, Ti, Nb, Ta) и редкоземельных элементов. Плагиигранитовый, габбро-тоналитовый и габбро-гранитовые магматические комплексы геохимически индивидуальны, что отражает дискретный характер эволюции магматизма.

Во временной последовательности формирования мезозойских интрузий от плагиигранитового комплекса к габбро-гранитовому прослеживается усложнение геологического строения массивов: увеличение количества магматических фаз, количества слагающих эти массивы типов пород, а также и разнообразия их минерального состава. Эти тенденции отражаются и на геохимических особенностях пород рассматриваемых комплексов.

Породы плагиигранитового комплекса на классификационной диаграмме SiO_2 –(K_2O+Na_2O) соответствуют низкощелочным гранитам, в отличие от пород габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов, которые относятся к габбро, габбродиоритам, диоритам, гранодиоритам и гранитам соответственно нормальной и умеренно-щелочной серий. По соотношению K_2O и SiO_2 породы плагиигранитового комплекса отвечают магматическим породам только низкокалийевой (толеитовой) серии, тогда как составы пород габбро-гранитового комплекса варьируют от пород низкокалийевой до высококалийевой известково-

щелочной серии. Породы габбро-тоналитового комплекса относятся к породам известково-щелочной серии, занимая промежуточное положение между породами двух крайних комплексов. При этом следует отметить, что поле составов гранитов плагиогранитового комплекса не пересекается с полями состава пород габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов в координатах SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$), SiO_2 - K_2O , а также SiO_2 - Fe_2O_3 , SiO_2 - MgO и SiO_2 - CaO . Фигуративные точки гранитов плагиогранитового комплекса образуют обособленные тренды, смещенные относительно трендов пород габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов в сторону меньших значений K_2O и больших значений Fe_2O_3 , MgO и CaO . Это обусловлено не только различиями в содержаниях этих элементов, но и более высоким содержанием SiO_2 в гранитах плагиогранитового комплекса. Габброиды габбро-тоналитового отличаются от габброидов габбро-гранитового комплекса более низкими содержаниями TiO_2 и CaO . Такие же различия характерны и для пород среднего состава.

Закономерности поведения петрогенных оксидов в породах каждого из рассмотренных комплексов аналогичны. Так, с повышением содержания SiO_2 закономерно уменьшаются содержания Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 общ., CaO , TiO_2 , повышаются содержания K_2O и суммы щелочей, что в целом соответствует тренду фракционирования темноцветных минералов и плагиоклаза и свидетельствует о проявлении процессов кристаллизационной дифференциации. Однако для пород габбро-гранитового комплекса эти закономерности не столь отчетливы, что согласуется с представлениями о формировании массива Дашкесан в результате кристаллизации двух расплавов.

Закономерности, проявленные на диаграммах Харкера, согласуются и с поведением малых элементов в породах габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов. В частности, с увеличением SiO_2 отмечается повышение содержаний Ba, Rb, U, Ce, Zr, Hf, K, La, а также уменьшение содержаний Sr, Co, V, Cr, Ni, что указывает на существенную роль кристаллизационной дифференциации в становлении рассматриваемых комплексов, соответствующих известково-щелочной серии [Rollinson, 1993; Gill, 2010; Wilson, 1989]. В породах плагиогранитового комплекса, как и в случае с петрогенными оксидами, наблюдаются отклонения в сторону толеитовой серии. Так, с повышением уровня SiO_2 , повышаются содержания V, Cr. При этом содержания U, Th, Pb, Rb, Ni примерно на одном уровне или имеют слабopоложительную связь.

Характер распределения редкоземельных и микроэлементов элементов, нормированных к примитивной мантии (рис. 3), для пород всех комплексов примерно одинаков и согласуется как по конфигурации спектров, так и по содержанию химических элементов с их распределением в магматических породах, формирующихся в условиях островодужной системы (наличие отрицательных Ta-Nb-, Eu- и Ti-аномалий, Pb-максимум). Характер распределения РЗЭ также примерно одинаков для магматических пород рассматриваемых комплексов (рис. 3), за исключением гранитов плагиогранитового комплекса, в которых в отличие от пород других комплексов, отношение $(\text{Gd}/\text{Yb})_n < 1$. При этом

граниты плагиогранитового комплекса отличаются от гранитоидов габбро-тоналитового комплекса значимо меньшими содержаниями Rb, Y, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Ta, Th и большими содержаниями TPЗЭ. Габброиды габбро-тоналитового комплекса по сравнению с габброидами габбро-гранитового комплекса характеризуются меньшими содержаниями V, Zr, Nb, всех PЗЭ, Hf, Ta, Th, U и большим содержанием Co. В гранитоидах габбро-гранитового комплекса по сравнению с гранитоидами габбро-тоналитового комплекса отмечаются более высокие содержания Rb, Zr, Nb, Sm, Eu, Hf, Ta, Pb, Th и U.

Наиболее наглядно геохимическая индивидуальность пород рассматриваемых комплексов иллюстрируется с помощью методов многомерной статистики и, в частности, дискриминантного анализа. Так, на (рис. 4,а) поля составов пород дискриминируемых габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов разобщены. Соответственно, не пересекаются и поля составов пород массивов Дашкесан и Гедабек. Полученные результаты указывают на геохимическую индивидуальность пород массива Дашкесан и могут рассматриваться как обоснование правомерности их выделения в отдельный магматический комплекс. На (рис 4,б) показано, что поля составов пород плагиогранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов не пересекаются, что обосновывает геохимическую индивидуальность рассматриваемых комплексов в целом.

Изменение геохимических характеристик магматических пород, формировавшихся на протяжении 40 млн лет, в целом подтверждается трендом увеличения содержаний литофильных, редкоземельных и высокочarged элементов.

3. Родоначальные расплавы магматических пород плагиогранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового мезозойских комплексов Малого Кавказа выплавлялись из мантийного источника и контаминировались коровым материалом докембрийских и мезозойских пород в условиях островной дуги.

По времени становления все исследованные массивы интрузивных пород соответствуют доколлизийной стадии развития Лок-Гарабагской островной дуги, что, однако, не означает, что происхождение рассматриваемых массивов обусловлено процессами субдукции. Тем не менее, рассмотренные выше геохимические характеристики пород отчетливо указывают на сходство интрузивных пород плагиогранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплекса с магматическими породами современных островных дуг. Это сходство подтверждается и расположением фигуративных точек на диаграммах, связывающих химический состав магматических пород с геодинамической обстановкой их формирования (рис. 5).

Породы всех трех комплексов формировались в одной и той же геодинамической обстановке, однако установленные значимые геохимические различия позволяют предполагать в качестве одного из факторов их геохимической эволюции существование различных источников для

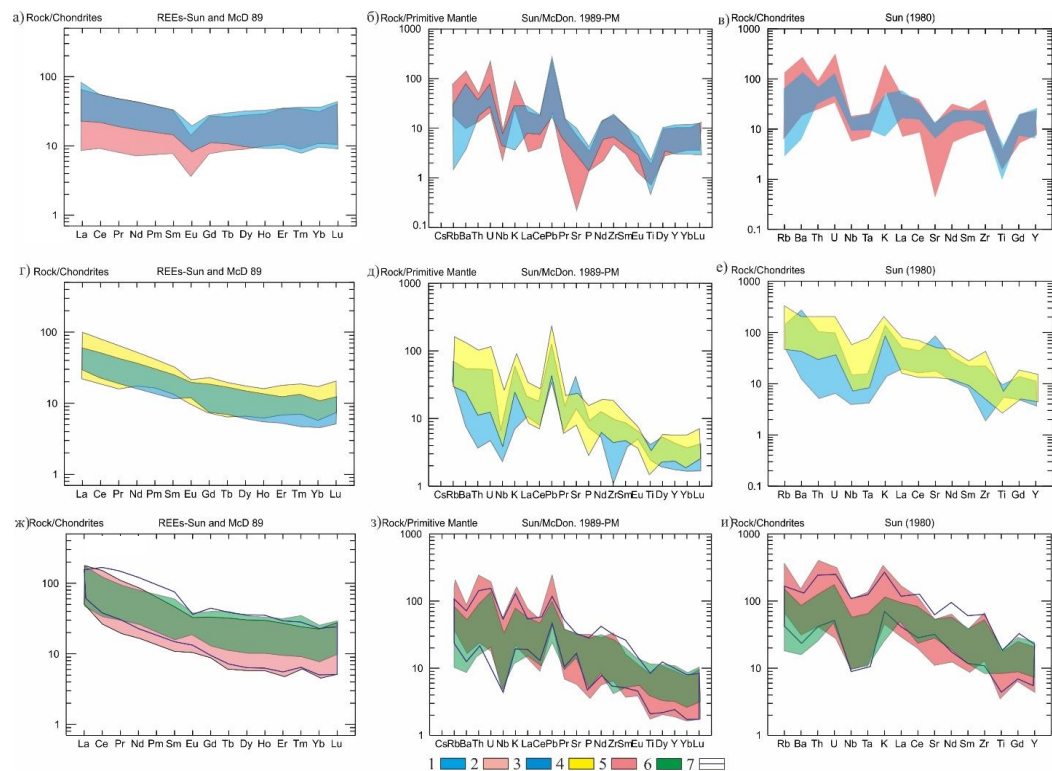


Рисунок 3 Распределение редкоземельных и микроэлементов, нормированных на: а- хондрит [Sun and McDonough, 1989], примитивную мантию [Sun and McDonough, 1989]; и хондрит [Sun 1980]; комплексы а-в плагиигранитовый (n= 46); г-е габбро-тоналитовый (n=19); ж-и габбро-гранитовый (n= 31); поля составов: 1-плагииграниты; 2-лейкоплагииграниты; 3-габбродиориты; 4-кварцевые диориты и гранодиориты; 5- гранодиориты и граниты; 6-габбро; 7- диориты, кварцевые диориты

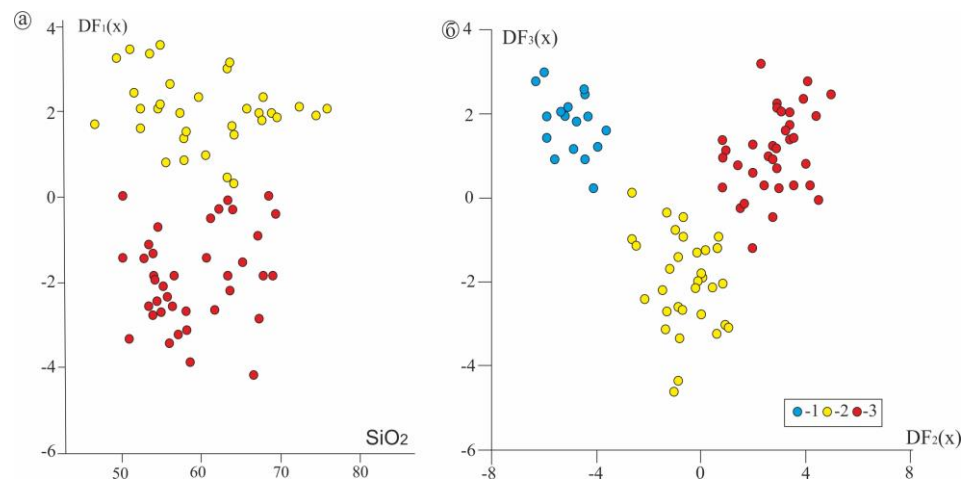


Рисунок 4

а- Дискриминантная диаграмма $DF_1(x)$ – SiO_2 с фигуративными точками пород габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплекса;

(средневзвешенная ошибка неправильной классификации равна 0, обобщенное расстояние Махаланобиса $DF_1(x)=15.4$)

б- Дискриминантная диаграмма $DF_2(x)$ – $DF_3(x)$

Результаты дискриминантного анализа магматических пород 1-плагиигранитового; 2-габбро-тоналитового 3-габбро-гранитового комплексов Лок-Гарабагской островной дуги

Таблица 1 Возрастные данные для магматических пород мезозойских интрузивных комплексов Лок-Гарабагской зоны Малого Кавказа

Примечание. Жирным шрифтом отмечены образцы, отбракованные за счет проявления матричного эффекта.

№	образец	порода	массив	возраст кристаллизации, млн лет	средние содержания U и Th (г/т) и среднее значение U/Th
ГАББРО-ГРАНИТОВЫЙ КОМПЛЕКС					
1	6	гранодиорит	Дашкесан	143±2 конкордантный	U=187 г/т; Th/U=0.9
2	8	гранодиорит	Дашкесан	143±2 конкордантный	U=495 г/т; Th/U=0.7
3	13	гранодиорит	Дашкесан	148±2 конкордантный 2300±30 конкордантный (<i>ксеногенное зерно</i>)	U=1695 г/т; Th/U=1.0 U=69 г/т; Th/U=0.7
4	33/	монцодиорит	Дашкесан	138±2 конкордантный	U=276 г/т; Th/U=1.0
5	34/	гранит	Дашкесан	142±2 конкордантный	U=160 г/т; Th/U=0.9
6	35/	гранит	Дашкесан	142±2 конкордантный	U=212 г/т; Th/U=1.1
ГАББРО-ТОНАЛИТОВЫЙ КОМПЛЕКС					
7	N-ge8	кварцевый диорит	Гедабек	144 ±1 конкордантный	U=250; Th/U=0.9
8	N-5	гранит-аплит	Габахтепе	183±4 конкордантный	U=8258; Th/U=0.29
9	N-11	габбродиорит	Габахтепе	173±2 конкордантный	U=2309 и Th; Th/U=2.17
10	N-12	габбродиорит	Габахтепе	167±1 конкордантный	U=1823 и Th; Th/U=2.35
11	N-6	кварцевый диорит	Габахтепе	159±1 конкордантный	U=418; Th/U=0.89
12	N-14	диорит	Габахтепе	145±2 конкордантный	U=219; Th/U=0.88
13	N-16	диорит	Габахтепе	158±2 конкордантный	U=216; Th/U=0.69
14	N-19	гранодиорит	Барум	151±1 конкордантный	U=157; Th/U=0.54
15	N-22	гранодиорит	Барум	149±2 конкордантный	U=155; Th/U=0.56
16	N-23	гранодиорит	Барум	149±2 конкордантный	U=178; Th/U=0.59
17	N-37	тоналит	Баян	210±2 конкордантный 1 зерно	U=918; Th/U=0.63
ПЛАГИОГРАНИТОВЫЙ КОМПЛЕКС					
18	N-40.3	плагиогранит	Гидамбир	176±6 средневзвешенный	U=991; Th/U=1.03
19	N-346	лейкоплагиогранит	Атабек-Славянка	166 ±1 конкордантный	U=261; Th/U=0.55
20	N-44	плагиогранит	Гидамбир	169±1 конкордантный 887±8 конкордантный ксеногенное зерно	U=1058; Th/U=2.03 U=431; Th/U=0.94

рассматриваемых магматических пород. Проведенные Sm-Nd изотопно-геохимические исследования показали, что все интрузивные породы трех изученных комплексов характеризуются примерно одинаковым значением $\epsilon_{Nd}(t)$ (4.8–6.1) и значением модельного возраста ($t_{Nd}(DM)=400–700$ млн лет). Значения $\epsilon_{Nd}(t)$ на 4–5 единиц ниже, чем для деплетированной мантии на время формирования рассматриваемых пород, что указывает на добавление корового вещества с резко отличным изотопным составом Nd.

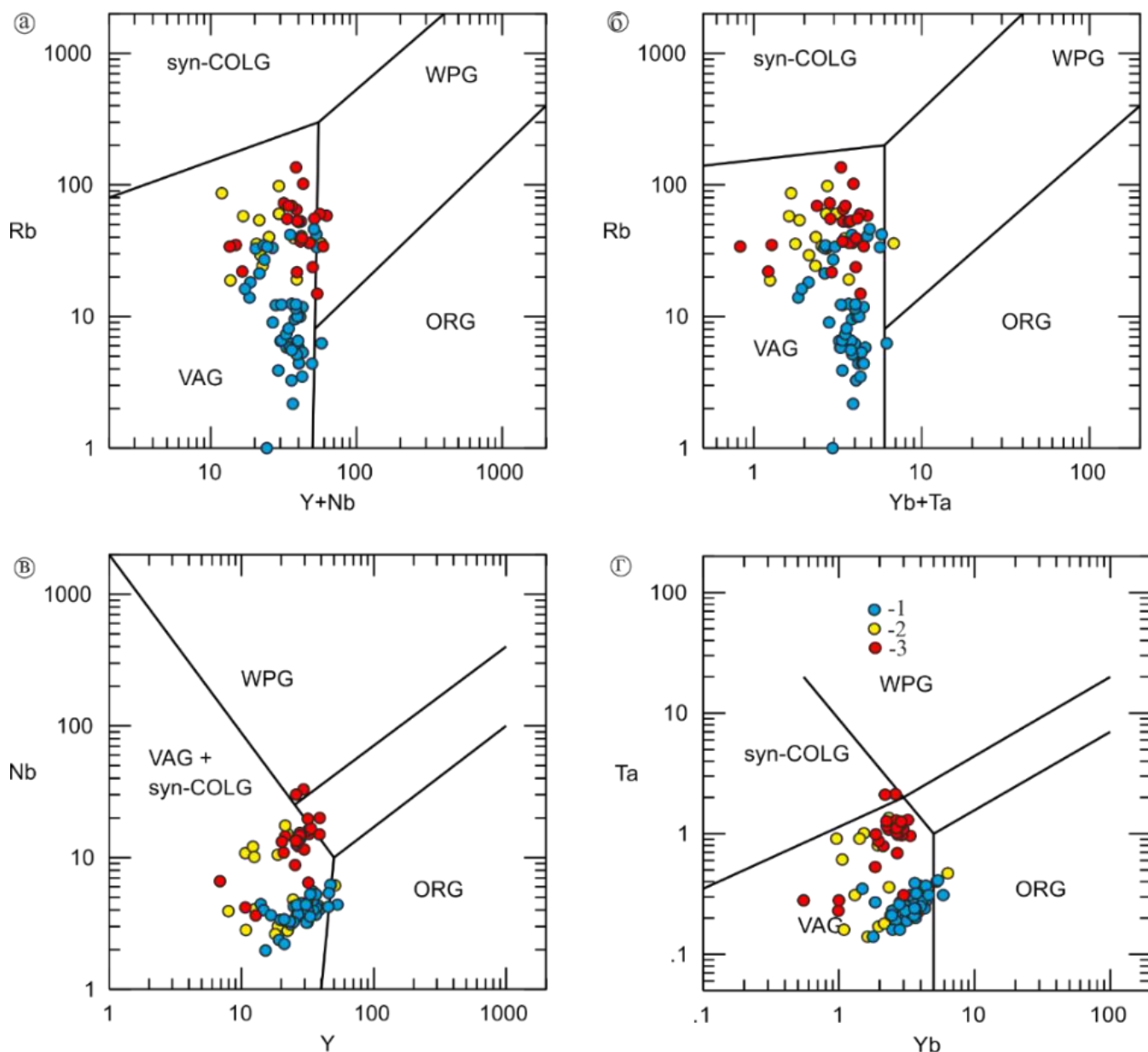


Рисунок 5. Дискриминационные диаграммы Дж. Пирса [Pearce, 1984]:

а – Y+Nb-Rb, б – Yb+Ta-Rb, в – Y-Nb, г – Yb-Ta. Обозначения на диаграммах: (ORG) – граниты океанических хребтов, (WPG) – внутриплитные граниты, (VAG) – граниты вулканических дуг, (COLG) – коллизионные граниты. Комплексы: 1– плагиогранитовый; 2– габбро-тоналитовый; 3– габбро-гранитовый

Неодимовый модельный возраст пород мезозойских комплексов примерно на 300 млн лет превышает возраст начала субдукции и, таким образом, также указывает на смешанный источник. Наиболее вероятно, что такой “добавкой” является

породы докембрийского фундамента, блоки которого известны в пределах Лок-Гарабагской зоны. В тоже время в рассматриваемых мезозойских интрузивных породах отмечаются ксеногенные зерна циркона, имеющего докембрийский возраст. Принимая во внимание, что изотопно-геохимические характеристики пород лежат в узком диапазоне ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70402-0.70577$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.51281-0.51290$) и одинаковые значения $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ для всех пород изученных комплексов, представляется очевидным, что источником для пород плагиогранитового, габбро-тоналитового и габбро-гранитового комплексов был мантийный клин и породы докембрийского фундамента, «смешанные» примерно в одинаковой пропорции. Однако в условиях субдукционной обстановки состав выплавляемых расплавов зависит и от ряда других факторов, таких как степень флюидной проработки мантийного клина (дегидратация слэба) и плавления субдуцированных фрагментов новообразованной «островодужной» коры. Вклад этих компонентов в источник родоначальных расплавов нельзя установить с помощью изотопно-геохимических данных, но можно оценить с помощью геохимических методов, в частности с помощью ряда геохимических диаграмм (рис. 6).

Низкие содержания Sr, U, Th, Ba, Rb, K, Zr, Ta, Nb, РЗЭ и низкое значение отношения $(\text{La}/\text{Yb})_n$ указывают на достаточно примитивный источник для гранитов плагиогранитового комплекса, что подтверждается и расположением их фигуративных точек на диаграмме Ta/Yb-Th/U (рис. 6) в максимальной близости (по сравнению с фигуративными точками пород других комплексов) к составу деплетированной мантии. На диаграммах Nb/Y, Th/Yb-Ba/Th, Ba/Nb-Nb Ba/La-Th/Yb (рис. 6) отчетливо проявлены только тренды, соответствующие низкотемпературной флюидной проработке источника (высокие отношения Ba, Ba/Th, Ba/Nb).

При становлении пород габбро-тоналитового комплекса помимо кристаллизационной дифференциации важную роль играла также коровая контаминация. При этом родоначальный расплав габброидов первой фазы выплавлялся из источника, проработанного низкотемпературным флюидом (высокие отношения Ba, Ba/Th, Ba/Nb), тогда как родоначальный расплав гранитоидов второй фазы контаминировался высокотемпературным силикатным расплавом, возникшим за счет плавления субдуцированных осадков (высокие отношения Th/Ba, Th/Yb, Th).

На родоначальные расплавы пород габбро-гранитового комплекса большое влияние оказывал высокотемпературный силикатный расплав, возникший за счет плавления осадков (высокие отношения Th/Ba, Th/Yb, Th). Кроме того, отмечается отчетливый тренд (рис. 6), указывающий на мантийное обогащение источника, в целом не характерное для магматических пород, формирующихся в субдукционной обстановке. Причиной мантийного обогащения могут быть: 1) изначальная неоднородность мантии (наличие более обогащенных участков); 2) мантийный плюм; 3) субдукция океанического хребта с образованием slab-window; 4) отрыв слэба. Однако, магматические породы того же возраста, что и Дашкесанский массив, сформированные в результате воздействия плюма, на

исследованной территории не известны. А субдукция океанического хребта, как и отрыв слэба предполагают формирование массивов габбро-гранитового комплекса на конечной стадии субдукции, или даже в условиях коллизионной обстановки, что не соответствует имеющимся данным о времени закрытия Неотетиса. Таким образом, наиболее вероятно, что наблюдаемое мантийное обогащение обусловлено первичной неоднородностью мантийного клина, однако доказательство этого предположения требует дополнительных изотопно-геохимических исследований. Схематически обобщенная модель формирования мезозойских интрузивных комплексов Лок-Гарабагской островной дуги показана на рис. 7.

Гибридная модель формирования Дашкесана, предложенная [Кашкай, 1965] подтверждается разнообразием текстур и структур (присутствием многочисленных шпиров и кучевых скоплений темноцветных минералов), ассоциацией пироксена с калиевым полевым шпатом в габброидах и гранитоидах, прямой и обратной зональностью кристаллов плагиоклаза, появлением кварцевых «глазков», обрастающих пироксеном и амфиболом, наличием многочисленных ксенолитов и минглинговых структур [Baxter, Felly 2002; Wilcox 1999; Chappel 1996; Granite, 1990; Enclaves, 1991]. Полученные геохимические данные (поведение петрогенных элементов, отличное от типичных трендов кристаллизационной дифференциации, наличие положительной и отрицательной европиевой аномалии, относительно высокое содержание редкоземельных элементов и высокое значение $(La/Yb)_n$ в породах первой фазы, а также повышенные содержания Sr, U, Th, Ba, Rb, K, La, Ce, Zr, Hf, Ta, Nb, Th/Yb, Ta/Yb и относительно низкие содержания типичных для кислых дифференциатов микроэлементов) также указывают на то, что формирование магматических пород Дашкесанского интрузива происходило при участии не только кристаллизационной дифференциации и контаминации, но и при смешении магматических расплавов.

Модель смешения была протестирована на основе миксинг теста (mixing test) [Fourcade, Allègre, 1981]. Согласно результатам моделирования, габброиды Дашкесана могли формироваться в результате смешения 65–95% основной магмы и 5–35% гранитовой, при формировании кварцевых диоритов доля базальтовой составляла 40–70%, а гранитоидов – около 15%.

Фигуративные точки на диаграммах La/Sm-Sm/Yb позволяют предполагать увеличение уровня магомгенерации со временем, но при этом уровень наиболее глубинных пород габбро-гранитового комплекса остается в поле стабильности амфибола, не переходя в поле устойчивости граната. Не исключено, что одним из факторов увеличения глубинности магообразования было увеличение мощности новообразованной континентальной коры за счет вулканической деятельности и седиментогенеза.

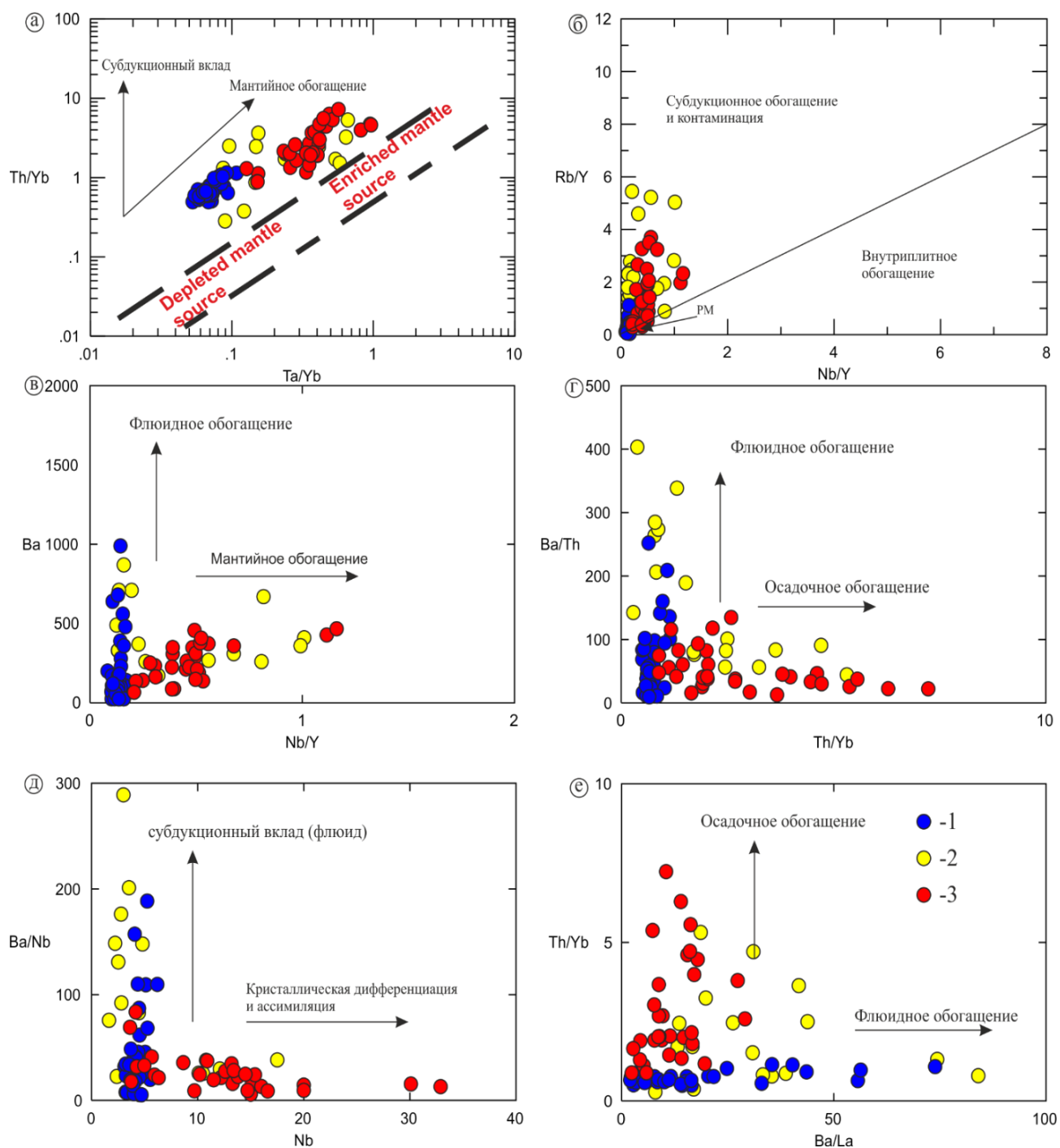


Рисунок 6 Диаграммы, идентифицирующие процессы мантийного обогащения, флюидного обогащения и осадочного обогащения источников с фигуративными точками пород мезозойских интрузивных комплексов Лок-Гарабагской островной дуги. а - диаграмма Th/Yb - Ta/Yb [Pearce, 1983]. Тренды мантийного обогащения и субдукционного вклада по Abratis [1998]; б- диаграмма Rb/Y- Nb/Y [Termal et al., 1998]; в- диаграмма Ba-Nb/Y [Kepezhinskas et al., 1997]; г-диаграмма Ba/Th-Th/Yb [Мартынов, 2010]; д- диаграмма Ba/Nb-Nb [Kepezhinskas et al., 1997]; е- диаграмма Th/Yb-Ba/ [Woodhead et al., 2001]; Комплексы: 1-плагиогранитовый; 2-габбро-тоналитовый; 3-габбро-гранитовый

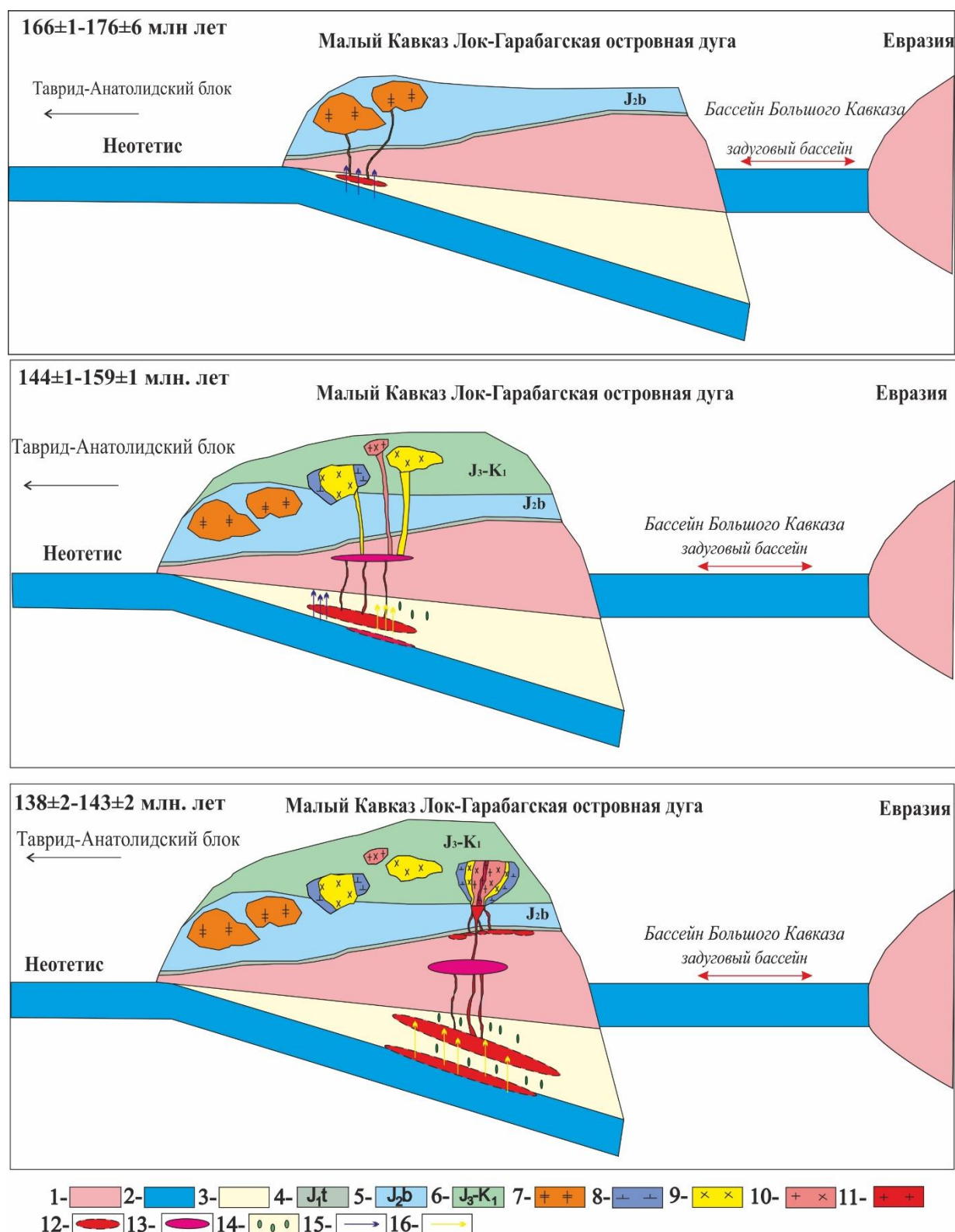


Рисунок 7 Схематическая модель формирования мезозойских комплексов Лок-Гарабагской островной дуги. 1 – докембрийский фундамент, породы PZ и осадочные породы нижней юры; 2-океаническая плита; 3-мантийный клин; 4-осадочные породы нижней юры; 5- среднеюрская байосская вулканогенно-осадочная толща; 6 – верхнеюрская-нижнемеловая вулканогенно-осадочная толща; 7 – плагиограниты; 8-габброиды; 9-диориты, кварцевые диориты; 10 – гранодиориты; 11- граниты; 12-зона плавления; 13- промежуточная магматическая камера; 14- мантийное обогащение; 15-низкотемпературный флюид; 16- высокотемпературный раствор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Массивы интрузивных комплексов Лок-Гарабагской дуги формировались в течение трех магматических событий: 166 ± 1 – 176 ± 6 млн лет – массивы плагиогранитового комплекса на начальной стадии развития островной дуги; 144 ± 1 – 159 ± 1 млн лет – массивы габбро-тоналитового комплекса и 138 ± 2 – 143 ± 2 млн лет – массив Дашкесан (габбро-тоналитовый комплекс) на зрелой стадии развития островной дуги.

2. Породы мезозойских интрузивных комплексов значительно различаются по вещественному составу пород, что в совокупности с геохронологическими данными, подтверждает правомерность объединения изученных массивов в соответствующие комплексы.

3. Эволюция мезозойского магматизма прослеживается на геологическом, петрографическом и на геохимическом уровнях. На геологическом уровне отмечается последовательное усложнение строения формирующихся массивов, на петрографическом уровне – последовательное усложнение их минерального состава. А на геохимическом уровне прослеживается тренд увеличения содержаний крупноионных литофильных, высокозарядных и редкоземельных элементов в породах комплексов во времени.

4. Изотопно-геохимические данные свидетельствуют, о том, что родоначальные расплавы пород всех трех комплексов формировались за счет плавления мантийного клина и контаминировались веществом докембрийской континентальной коры. При этом согласно геохимическим данным расплавы гранитоидов плагиогранитового комплекса и габброидов габбро-тоналитового комплекса формировались из источника, испытывавшего существенную низкотемпературную флюидную переработку. Тогда как расплавы, из которых кристаллизовались гранитоиды габбро-тоналитового комплекса и породы габбро-гранитового комплекса, испытали интенсивное обогащение высокотемпературным силикатным расплавом (в результате плавления субдуцированных мезозойских осадочных пород), а их кристаллизация сопровождалась процессами фракционирования. Геохимические данные также показывают, что породы габбро-гранитового комплекса выплавлялись из более обогащенного мантийного источника.

5. Установленная тенденция возрастания степени обогащения источника как флюидной, так и субдукционной компонентами во времени от плагиогранитового комплекса к габбро-тоналитовому достигает максимума при становлении массива габбро-гранитового комплекса. Такое изменение состава источника представляется вполне закономерным в эволюции островодужного магматизма, поскольку степень флюидной переработки мантийного клина определяется, в том числе, и длительностью субдукции, а увеличивающийся со временем объем ювенильной коры повышает вероятность формирования аккреционных призм и вовлечения осадочных пород в зону субдукции.

6. Разнообразие пород габбро-гранитового комплекса, их геологические соотношения, а также петрографические и геохимические особенности связаны не

только с процессами кристаллизационной дифференциации и коровой контаминации, но и с процессом смешивания (миксинг/миглинг) двух расплавов разного состава, подтверждая тем самым «гибридную» модель формирования Дашкесанского массива.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 25.00.04:

1. **Садыхов Э.А.**, Шатова Н.В. Геохимические характеристики и изотопное U-Pb датирование пород плагиигранитового плутонического комплекса Лок-Гарабахской зоны Малого Кавказа (Азербайджан) // Региональная геология и металлогения 2016. № 66 – С. 67-74.

2. **Садыхов Э.А.**, Шатова Н.В. U-Pb датирование (SHRIMP II) и геодинамические условия формирования массивов габбро-тоналитового комплекса Лок-Гарабахской зоны Малого Кавказа (Азербайджан) // Региональная геология и металлогения 2017. № 69 – С. 49-60.

3. **Садыхов Э.А.**, Велиев А.А., Байрамов А.А., Мамедов С.М. Изотопно-геохимические характеристики (Sm-Nd, Rb-Sr,S) и U-Pb SHRIMP II возраст Гедабекского интрузива (Азербайджан) // Региональная геология и металлогения 2018. № 76 – С. 83-94.

4. Агаев А.М., Мамедалиев Р.Н., Байрамов А.А., **Садыхов Э.А.** Везувианы Кедабекских и Шишимских скарнов: общие и отличительные особенности // Региональная геология и металлогения 2019. №79 – С. 89-97.

Тезисы докладов на конференциях:

5. **Садыхов Э.А.** Геодинамические обстановки формирования и перспективы платиноносности интрузива Гиламбир Шамкирского антиклинория (Малый Кавказ) // Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2015. – С. 223-226.

6. **Sadikhov E.A.**, Shatova N.V. Petrography, geochemistry, and radiometric dating U-Pb SHRIMP II of the tonalite complexes of the Lok-Karabakh, Lesser Caucasus (Azerbaijan), Abstract 35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa, 2016. – P. 4154.

7. **Садыхов Э.А.**, Шатова Н.В. Новые изотопные U-Pb датировки по цирконам и геохимические особенности габбро-тоналитового комплекса на Малом Кавказе // Материалы V Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2017. – С. 800-805.

8. **Садыхов Э.А.**, Шатова Н.В. Мезозойский габбро-тоналитовый комплекс Лок-Гарабахской тектонической зоны в структуре Малого Кавказа, геохимия, возраст и условия формирования// Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXVII Всероссийской молодежной конференции. Иркутск, 2017. – С. 201-202.

9. **Садыхов Э.А.** Геохимия, U-Pb датирование и геодинамические условия формирования габбро-гранитового комплекса Лок-Гарабахской тектономагматической зоны (Дашкесанский интрузив) // Материалы конференции “Граниты и эволюция Земли: мантия и кора в гранитообразовании”, Екатеринбург, 2017. – С. 264-266.

10. **Sadikhov E.A.** Geochemistry, U-Pb Zircon Dating and Geodynamic Conditions of Gabbro-Tonalite Complex of Lesser Caucasus // Abstract Goldschmidt 2017, France, Paris, P. 2210.

11. **Садыхов Э.А.** Магматическое смешение расплавов (mixing/mingling) на примере скарнового месторождения Дашкесан (Азербайджан) // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXVIII Всероссийской молодежной конференции. Иркутск, 2019. – С. 136-138.

12. **Садыхов Э.А.,** Велиев А.А., Байрамов А.А., Мамедов С.М., Ибрагимов Д.Р. Изотопный состав сульфидов золоторудного месторождения Гедабек (Азербайджан) // Строение литосферы и геодинамика: Материалы XXVIII Всероссийской молодежной конференции. Иркутск, 2019. – С. 139-140.

13. **Садыхов Э.А.** Формирование плагиогранитов Лок-Гарабахской островной дуги Малого Кавказа // X Всероссийская школа молодых ученых «экспериментальная минералогия, петрология и геохимия». Черноголовка, 2019. – С. 264-266.

Подписано в печать: 26.02.2020
Объем: 1,0 усл.п.л.
Тираж: 60 экз. Заказ № 7432
Отпечатано в типографии «Реглет»
125315, г. Москва, Ленинградский проспект д. 74, корп. 1
+7(495) 790-47-77 www.reglet.ru